

**ZEITWAHL DER IMPLANTATENTFERNUNG
NACH FRAKTUROSTEOSYNTHESE AN DER
UNTEREN EXTREMITÄT**

Wolfgang Härtel

1974

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. Heberer

ZEITWAHL DER IMPLANTATENTFERNUNG
NACH FRAKTUROSTEOSYNTHESE AN DER
UNTEREN EXTREMITÄT



Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Wolfgang Härtel

aus Schwarzenfeld

München

1974



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. K. Wilhelm

Mitberichterstatter: Prof. Dr. G. Heberer

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Juli 1974

MEINEN LIEBEN ELTERN
IN DANKBARKEIT

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Die Osteosynthese als anerkannte Behandlungsmethode der Traumatologie	1
1. Marknagelung nach KÜNTSCHER	1
2. AO-Druckosteosynthese	2
3. Häufigkeit	2
4. Vorteile und Gefahren	4
B. Derzeitige Erfahrungen in der Zeitwahl der Materialentfernung nach Fraktur-osteosynthese	6
I. Entfernung als Abschluß operativer Frakturversorgung	6
1. Aufklärung des Patienten	6
2. Voraussetzungen zur Entfernungsoperation	6
3. Nachuntersuchungen	7
II. Beurteilungskriterien	9
1. Frakturart und -lokalisation	9
2. Patient	15
3. Knochenheilung	17
4. Röntgenbild	26
5. Klinische Untersuchung	34
6. Richtzeiten	37

II

C. Komplikationen	47
I. Ausführung der Osteosynthese	47
1. Indikationsstellung	47
2. Voraussetzungen	47
3. Schonung der Gewebe	48
4. Weichteildeckung	49
5. Osteosynthesematerial und Instrumentarium	49
6. Exakte anatomische Rekonstruktion	50
7. Technische Ausführung	51
8. Druck und Stabilität	51
9. Biomechanik	52
10. Methode	54
II. Nachbehandlung	59
1. Bedeutung der kontrollierten Nachbehandlung	59
2. Persönlichkeit des Patienten	60
3. 3 Phasen der Nachbehandlung	60
4. Eingeschränkte Nachbehandlung	61
5. Nachbehandlung bei Marknagelung	61
6. Ödemprophylaxe durch Hochlage- rung und abschwellend wirkende Medikamente	62
7. JOST-REDON-Saugdrainage	63
8. Verbände	63

III

9. Ziehen der Fäden	65
10. Infektionsverhütung	65
11. Antibioticagabe	66
12. Allgemeine Thrombose- und Pneumonieprophylaxe	67
13. Passive Bewegungstherapie	67
14. Aktive Bewegungstherapie	68
15. Entlasten und Belasten	69
16. Röntgenkontrollen	70
17. Elektrophorese von Serumeiweiß	71
18. SUDECKsche Dystrophie	72
19. Bäder und Massagen, Wärme und Bestrahlungen	72
III. Komplikationen von seiten des Knochens	74
1. Elastizitätsverlust und Spongiosierung der Corticalis	74
2. Knochendystrophie (SUDECK), Osteoporose	78
3. Nekrosen	79
IV. Komplikationen von seiten des Materials	82
1. Tumorentstehung	82
2. Korrosion	82
3. Metallose	92

4. Materiallockerung, -wanderung, -verformung und bruch	96
V. Pseudarthrosen	101
1. Dislokationen, Refrakturen und Plattenendbrüche	101
2. Verzögerte Knochenheilung	103
3. Pseudarthrosen	104
VI. Infektionen	111
1. Wundheilungsstörung ohne Knochenbeteiligung	112
2. Posttraumatische Osteomyelitis	119
VII. Chirurgische Erfahrung und Verantwortung	130
D. Krankengut	132
1. Materialentfernung von 1956 bis 1970	132
2. Patienten	132
3. Unfallursachen	135
4. Frakturen	136
5. Osteosynthesemethoden	138
E. Ergebnisse aus dem Krankengut	141
I. Reguläre Entfernungen	141
1. Lokalisationsverteilung der entfernten Implantate	141
2. Mittelwerte der Zeiten bis zur Entfernung	142

3. Entfernungstermin nach	
Material und Lokalisation	145
4. Zusammenfassung	149
II. Komplikationen	150
1. Schenkelhals- und Hüftkopfnekrosen 4,4 %	152
2. Refrakturen 1,1 %	152
3. Materialbruch durch Korrosion 0,2 %	153
4. Metallose 0,7 %	153
5. Materialveränderungen 5,6 %	153
6. Pseudarthrosen 3,7 %	154
7. Wundheilungsstörungen 2,8 %	156
8. Osteomyelitis 0,4 + 1,1 %	156
9. Besonders kritische Überprüfung	157
III. Heilverlauf nach der Entfernung des Osteosynthesematerials	159
1. Stationärer Aufenthalt bei der Entfernungsoperation	159
2. Komplikationen nach der Materialentfernung	159
3. Arbeitsunfähigkeit, Schonung	160

F. Diskussion	161
I. Osteosynthese als anerkannte chirurgisch-orthopädische Behandlungsmethode	161
1. Unverbindlicher Charakter der Terminangaben	161
2. Chirurgische Erfahrung	161
3. Röntgenologische Beurteilung	162
4. Richtzeiten	162
II. Komplikationen	164
1. Ausführung der Osteosynthese und Nachbehandlung	164
2. Knochenveränderungen	164
3. Materialveränderungen	165
4. Pseudarthrosen	166
5. Infektionen	166
III. Verantwortung des Chirurgen	171
IV. Schlußfolgerungen	172
1. Harmonie der Terminangaben der Literatur mit denen der Untersuchung	172
2. Komplikationen	172
3. Röntgenologische Beurteilung der Frakturheilung	173
4. Infizierte Osteosynthesen	173
5. Erfahrung durch Selbstkritik	173

VII

G. Zusammenfassung	174
1. Inhalt	174
2. Resultat	176
H. Literatur	179
	bis 199

F. Diskussion	161
I. Osteosynthese als anerkannte chirurgisch-orthopädische Behandlungsmethode	161
1. Unverbindlicher Charakter der Terminangaben	161
2. Chirurgische Erfahrung	161
3. Röntgenologische Beurteilung	162
4. Richtzeiten	162
II. Komplikationen	164
1. Ausführung der Osteosynthese und Nachbehandlung	164
2. Knochenveränderungen	164
3. Materialveränderungen	165
4. Pseudarthrosen	166
5. Infektionen	166
III. Verantwortung des Chirurgen	171
IV. Schlußfolgerungen	172
1. Harmonie der Terminangaben der Literatur mit denen der Untersuchung	172
2. Komplikationen	172
3. Röntgenologische Beurteilung der Frakturheilung	173
4. Infizierte Osteosynthesen	173
5. Erfahrung durch Selbstkritik	173

VII

G. Zusammenfassung	174
1. Inhalt	174
2. Resultat	176
H. Literatur	179
	bis 199

A. Die Osteosynthese als anerkannte Behandlungsmethode der Traumatologie

Die Idee der operativen Knochenbruchbehandlung liegt weit zurück. Von der Adaptationsosteosynthese zur stabilen Kompressionsosteosynthese, von dem Versuch der Knochennaht (Cerclage) über Platten, Pins und Nägel bis zu den Methoden der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen vergingen über vier Jahrhunderte.

Heute ist die Osteosynthese neben der vorherrschenden konservativen Frakturversorgung (HELLNER 1967 a) eine anerkannte chirurgisch-orthopädische Behandlungsmethode nicht nur komplizierter sondern auch geschlossener Gliedmaßenbrüche.

1. Marknagelung nach KÜNTSCHER

1940 trug KÜNTSCHER beim Deutschen Chirurgenkongreß in Berlin das Verfahren der Marknagelung vor (TSCHERNE 1969; KÜNTSCHER 1962), nachdem er bereits im Oktober 1939 eine frische Oberschenkelfraktur beim Menschen mittels Marknagelung versorgt hatte. 1950 entwickelte er das Aufweiten der Markhöhle mit Bohrern, die er 1954 verbesser-

te. Die geschlossene Nagelung des frischen Bruches wurde möglich, als KÜNTSCHER 1958 den Distraktor vorstellte (KÜNTSCHER 1962).

2. AO-Druckosteosynthese

Seinen letzten großen Impuls erhielt das Osteosyntheseverfahren durch die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO), welche 15 schweizerische Chirurgen und Orthopäden 1958 gründeten (ALLGÖWER 1964; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 a; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; TSCHERNE 1969). Ihr Ziel ist es, Technik und Instrumentarium der operativen Frakturversorgung zu optimieren und zu vereinheitlichen sowie Indikation und Gegenindikation zu präzisieren. Um dies zu erreichen, betreiben sie sowohl den systematischen Austausch klinischer Erkenntnisse in offener Diskussion als auch gemeinschaftlich experimentell-wissenschaftliche Grundlagenforschung, um der Methode der Osteosynthese ein Fundament zu geben.

3. Häufigkeit

Die AO führte 1966 in etwa der Hälfte aller behandelten Frakturen eine Osteosynthese aus

(B. G. WEBER 1966). KÜNTSCHER berichtete 1966, daß allein in Deutschland von etwa 1940 bis 1965 weit über eine Million Marknägel verbraucht wurden. Dabei ist besonders erwähnenswert, daß bei vorschriftsmäßiger Nagelung bis dahin keine einzige Pseudarthrose bekannt geworden ist.

In 68 Krankenhäusern Bayerns wurden 1963 und 1964 von 24 120 geschlossenen Extremitätenfrakturen 15,2 % operativ versorgt, von 513 geschlossenen Gliedmaßenbrüchen in den Jahren 1953 bis 1964 am Unfallkrankenhaus Murnau 17,7 % (GÖPFERT 1966). KURZ u. JUST (1967) vom Kreiskrankenhaus Lübben weisen auf die ansteigende Zahl der operativ versorgten Frakturen - 1946 noch 0 %, 1966 bereits 33 % - hin, wobei die untere Extremität den Hauptanteil ausmacht.

An der Chirurgischen Universitätsklinik Graz wurden in den Jahren 1965 bis 1968 25,3 % aller Extremitätenfrakturen operiert (TSCHERNE 1969). An der oberen Extremität betrug die Osteosyntheserate 6,2 %, am Bein osteosynthetisierte man aber in 39,8 % aller dort lokalisierten Frakturen. Die Indikation zur blutigen Versorgung der gebrochenen unteren Extremität wurde deshalb so oft getroffen, weil nach konservativer Behandlung

Fehlstellungen mit meist erheblichen Folgen zu erwarten gewesen wären, die man aber vermeiden wollte. Am Sprunggelenk führt die konservative Versorgung beispielsweise in etwa 30 % der Fälle zu Mißerfolgen (TSCHERNE 1969).

4. Vorteile und Gefahren

Von guten Osteosyntheseergebnissen, nämlich bis 93,6 % vollständige Wiederherstellung von Form und Funktion (= anatomische und funktionelle Restitutio ad integrum), durch gewissenhafte Indikationsstellung bei den häufigen Unterschenkelfrakturen, deren konservative Versorgung, wie schon oben erwähnt ist, in einem hohen Prozentsatz immer noch zu Invalidität oder Teilinvalidität führt, berichten ALLGÖWER (1964), HELLNER (1967 b), SEGMÜLLER u. ALLGÖWER (1965) und SEGMÜLLER, CORRODI u. KESSLER (1964).

In der blutigen Eröffnung geschlossener Frakturen und dem Anbringen von Osteosynthesematerial am Knochen mit Schädigung des Periostes sieht KÜNTSCHER (1962 und 1970) wegen des Operations-traumas (zusätzlicher Anstieg der lokalen Acidität, Durchblutungsstörung, erhöhte Infektionsgefahr) einen Rückschritt und zieht daher, wenn

immer es durchführbar ist, die geschlossene Marknagelung einer Verplattung oder Verschraubung vor (KÜNTSCHER 1964). AHRER, PSENNER u. SCHENNACH (1967) bevorzugen aus eben diesen Gründen ebenfalls die gedeckte Marknagelung, wenn möglich, vor der offenen Marknagelung und anderen Osteosynthesemethoden, die größere Wunden setzen.

KÜNTSCHER (1962) weist darüber hinaus auf die sozialen und wirtschaftlichen Vorteile der Marknagelung, insbesondere auf die niedrigen Kosten, die verkürzte Behandlungszeit, raschere Herstellung der Arbeitsfähigkeit und die geringe Zahl von Rentenfällen hin; all diese Vorzüge müssen mit in Betracht gezogen werden bei der Abwägung Marknagelung gegen konservative Behandlung mit Gips- und Streckverband, sogar bei geschlossenen Oberschenkelbrüchen.

B. Derzeitige Erfahrungen in der Zeitwahl der Materialentfernung nach Frakturosteosynthese

I. Entfernung als Abschluß operativer Fraktur- versorgung

Da Nachkontrolle und Nachbehandlung, welche mit der Materialentfernung abgeschlossen wird, nicht immer von dem gleichen Arzt vorgenommen werden, welcher auch die Osteosynthese durchführte, sind im Schrifttum allgemein gültige Richtlinien für das Verhalten nach der operativen Frakturversorgung angeführt. Zugleich findet sich aber der Hinweis, daß jede Fraktur individuell zu beurteilen ist (HELL u. FREI 1966).

1. Aufklärung des Patienten

Der Patient soll schon vor der Osteosynthese darüber aufgeklärt werden, daß und wann ungefähr das Osteosynthesematerial wieder entfernt werden muß (KÜNTSCHER 1962).

2. Voraussetzungen zur Entfernungsoperation

Die Materialentfernung wird möglichst immer stationär und auf jeden Fall unter den selben

streng aseptischen Bedingungen wie bei der primären Behandlung erfolgen (HACKETHAL 1961; KÜNTSCHER 1962). BUCHNER (1967) berichtet warnend von Osteomyelitiden nach Entfernen des Materials bei ungestörtem primären Heilungsverlauf von operativ versorgten Sprunggelenksverletzungen als Folge mangelhafter Asepsis.

Das benötigte Instrumentarium (z. B. Schraubenzieher für AO-Schrauben) muß vollständig und einsatzbereit, und der Operateur mit der Technik vertraut sein (FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970; KÜNTSCHER 1962).

3. Nachuntersuchungen

Systematisch durchgeführte Nachkontrollen, welche mit viel Geduld, Arbeit und hohen Kosten verbunden sind und eine gute Organisation voraussetzen, sind für den Chirurgen wertvoll, wenn er zur Frage der Materialentfernung Stellung nehmen soll (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b). Er muß die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen und die subjektiven Angaben des Patienten kritisch wertend zu einem Gesamtbild zusammenfügen. Nur mit Erfahrung ist der

Arzt imstande, eine verbindliche Aussage machen zu können (HELL u. FREI 1966).

Als anschauliches Beispiel diene die callusfreie Knochenheilung. Die primäre Frakturheilung hat nicht nur röntgenkosmetischen Wert, sondern geht, wie SEGMÜLLER, CORRODI u. KESSLER (1964) berichten, parallel zur Güte der Heilung, welche wiederum proportional ist zu verbesserter Technik, zunehmender Erfahrung und zweckmäßiger Nachbehandlung. Leider ist die röntgenologische Beurteilung der Knochenverhältnisse oft durch die Metallüberlagerung erschwert, so daß es äußerster Aufmerksamkeit beim Lesen der Röntgenbilder bedarf (LEITZ 1968). Die imponierenden Fremdkörperschatten sollten aber auch nicht zu einer verfrühten Entfernung der Implantate verleiten (BÜRKLE DE LA CAMP in der Aussprache nach ISELIN, AFANASSIEFF u. EGAWA 1963).

II. Beurteilungskriterien

1. Frakturart und -lokalisation

a. Häufigkeit

Fast 90 % aller Knochenbrüche finden sich an der unteren Extremität (AHRER, PSENNER u. SCHENNACH 1967; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b). Sie stellen meist schwere Verletzungen dar, zu denen oft noch mehr oder minder bedrohliche Begleitverletzungen kommen. AHRER, PSENNER u. SCHENNACH (1967) berichten, daß 2/3 aller Frakturen den Oberschenkel betreffen und etwa 1/4 den Unterschenkel, während MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER (1963 b) ungefähr 75 % aller Brüche am Unterschenkel beobachten.

b. Große Beanspruchung der unteren Extremität

Gerade an der unteren Extremität unterliegen Knochen und Gelenke einer hohen statischen und dynamischen Beanspruchung (HELLNER 1967 b; KUSS u. FELDER 1965; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1969; TSCHERNE 1969). Geringe Nachlässigkeiten in der

Behandlung können deletäre Folgen, vor allem Gelenkschäden zeitigen. Der Termin der Materialentfernung hängt beträchtlich ab von der Art, Form, Lokalisation und dem Ausmaß der Fraktur, den Nebenverletzungen und deren Versorgung (KUNER u. WELLER 1968 und TSCHERNE 1969). Bei der Beurteilung der Konsolidierung sind alle diese Faktoren zu berücksichtigen.

c. Querfrakturen

Querbrüche treten an der unteren Extremität oft auf. Sie bieten am Oberschenkel, wo sie in der Regel genagelt werden, die besten Ergebnisse (AHRER, PSENNER u. SCHENNACH 1967 und KÜNTSCHER 1962). Dagegen heilen Querfrakturen des Unterschenkels schon schlechter. Sie neigen zu Pseudarthrosen (AHRER, PSENNER u. SCHENNACH 1967 und HELLNER 1967 b) und Infektionskomplikationen (HIEBLER u. TSCHERNE 1970).

d. Schenkelhalsfrakturen, Hüftkopfnekrosen

Die Heilung von Schenkelhalsbrüchen verläuft am günstigsten bei zentraler Lage des Nagels in Schenkelhals und Hüftkopf und einem Nagelwinkel

von etwa 125° bis 145° (FREICK 1967 und PANNIKE, MEYER u. RUEFF 1968).

Bei pertrochanteren Frakturen wird der Nagel wegen des Alters der Patienten öfters belassen (KÜNTSCHER 1962).

Mit zunehmendem Alter, wobei Osteoporose sicher prädisponierend wirkt, häufen sich bei medialen Schenkelhalsfrakturen die ohnehin zu erwartenden Pseudarthrosen (LEITZ 1966). Je steiler die Bruchebene desto mehr Pseudarthrosen sind bei medialen Schenkelhalsfrakturen zu erwarten. Behandlungserfolg oder -mißerfolg hängen dagegen nicht signifikant von der angewandten Osteosynthesemethode ab (LEITZ 1966).

Eine gute anatomische Reposition und eine gelungene Eintauchung bewirken eine bessere Stabilisierung der ohnehin meist nicht genügend stabilisierbaren Fragmente. Dadurch wird die Komplikationsrate gesenkt. Dennoch kommt es zu Kopfnekrosen, sogar noch nach termingerechter Heilung (LEITZ 1966).

Hüftkopfnekrosen sind bei etwa 20 bis 30 % osteo-

synthetisierter Schenkelhalsfrakturen zu erwarten (HELLNER 1967 b und LEITZ 1966). Sie stören die Frakturheilung selbst im allgemeinen nicht (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b). LEITZ (1966) hält gegebenenfalls, beispielsweise nach entsprechenden Röntgenbildern, angiographische Untersuchungen für angebracht. Teilkopfnekrosen sind nämlich unter Umständen noch reversibel. Entlastung ermöglicht eine Revascularisierung und Revitalisierung von abgestorbenen Kopfteilen, wenn diese nicht zu groß sind (LEITZ 1966).

Schon nach der Versorgungsoperation soll die betroffene Hüfte möglichst lange konsequent entlastet werden (LEITZ 1966), was allerdings gerade bei älteren Patienten wegen der Gefahr einer Thrombose, Embolie, Pneumonie oder eines Decubitus usw. häufig sich nicht durchführen läßt.

e. Spongiosafrakturen

Im spongiösen Bereich erfolgt die Bruchheilung schneller als in der Corticalis (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b und REHN u. HIERHOLZER 1971). Liegt die Frakturzone in der Knochenspongiosa,

so ist der Bruch nach ungefähr 1 Jahr gefestigt. Bei gelenknahen Teilfrakturen wie kondylären Ab-
rissen oder Knöchelbrüchen kann das Material
bereits nach wenigen Wochen bis etwa 3 Monaten
herausgenommen werden (MÜLLER, ALLGÖWER u. WIL-
LENEGGER 1963 b; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER
1969; REHN u. HIERHOLZER 1971).

f. Schienbeinkopfbrüche

Spalt-, Impressions- und Interkondylenfrakturen
des Tibiakopfes lassen eine bessere Heilung er-
warten als Trümmerbrüche des Schienbeinkopfes
(KUSS u. FELDER 1965). Die Liegezeit der Implan-
tate reicht von 2 Monaten bis zu 1 Jahr. KUSS
u. FELDER (1965) entfernen im Durchschnitt nach
4 Monaten.

g. Corticalisfrakturen

Im corticalen Bereich, bei Schaftfrakturen also,
soll mit der Materialentfernung länger gewartet
werden. REHN u. HIERHOLZER (1971) nennen 1 1/2
bis 2 Jahre, KÜNTSCHER (1962) für den Oberschen-
kelnagel ebenfalls 1 1/2 bis 2 Jahre, während
WICKSTROM u. CORBAN (1967) den Oberschenkel-
nagel ebenfalls 1 1/2 bis 2 Jahre, während

schon nach 1 Jahr entfernen.

Bei Tibiafrakturen erfolgt die Konsolidierung nach etwa 1 Jahr (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b und SEGMÜLLER, CORRODI u. KESSLER 1964). Allerdings soll, um diese Zeit einhalten zu können, bei Mehrfragmentenfrakturen und schweren Trümmerfrakturen des Schienbeins nicht zu früh mit der Belastung begonnen werden (SEGMÜLLER, CORRODI u. KESSLER 1964).

h. Syndesmosensprengung

Die sogenannte Stellschraube (Syndesmosenschraube) zur Sicherung der tibiofibularen Syndesmosenzerreißung muß nach 6 bis 8 Wochen und noch vor der vollen Belastung entfernt werden, da sonst regelmäßig Sprunggelenksarthrosen auftreten. (KUNER u. WELLER 1968; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1969; REHN u. HIERHOLZER 1971).

2. Patient

a. Kinder und Jugendliche

Bei der Implantation von Osteosynthesematerial muß darauf geachtet werden, daß die Epiphysenfügen nicht verletzt werden, um Wachstumsschäden zu vermeiden. Aus diesem Grunde wird das Implantat auch zum frühestmöglichen Zeitpunkt entfernt (KÜNTSCHER 1962 und REHN u. HIERHOLZER 1971).

b. Alte Patienten

Bezüglich des Behandlungsergebnisses von Tibiakopffrakturen besteht keine Abhängigkeit vom Alter der Patienten. Sowohl bei alten als auch bei jungen Leuten finden sich die verschiedenen Stadien von Arthrosis deformans (KUSS u. FELDER 1965).

Auf eine erhöhte Pseudarthrosenrate alter Patienten mit medialen Schenkelhalsfrakturen weist LEITZ (1966) hin.

Übereinstimmend (FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖ-

WER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971) wird festgestellt, daß bei alten Patienten mit erheblichen Begleiterkrankungen und in schlechtem physischen und psychischen Allgemeinzustand oder bei Patienten, denen aus anderen Gründen ein erneuter Eingriff nicht zugemutet werden kann, von einer Materialentfernung abgesehen ist. Beschwerden von Seiten des Materials können jedoch eine Ausnahme von dieser Regel darstellen.

c. Pathologische Frakturen

Bei pathologischen Frakturen, welche operativ fixiert wurden, verbietet sich eine Metallentfernung von selbst (FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970).

d. Gesamtpersönlichkeit des Patienten

Asoziale, Alkoholiker und Patienten mit geringer Intelligenz oder mangelnder Kooperationsbereitschaft sind ein Problem für die Indikationsstellung sowohl der Osteosynthese als auch der Materialentfernung (TSCHERNE 1969).

3. Knochenheilung

Die wissenschaftlich-theoretischen Kenntnisse über die Knochenheilung sind das Fundament der Knochenbruchbehandlung und damit wesentliches Element bei der Beurteilung der Konsolidierung.

a. Primäre Knochenheilung

Normalerweise folgt einer stabilen Osteosynthese eine ökonomische, calluslose = direkte = primäre, angiogene Knochenbruchheilung ohne Bildung eines intermediären Hilfgewebes (ALLGÖWER 1964; ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963; WAGNER 1963; WIESER u. ALLGÖWER 1962; WILLENEGGER, PERREN, SCHENK 1971).

a1. Bedeutung der direkten Frakturheilung

Die Primärheilung nach operativer Stabilisierung wird angestrebt (ALLGÖWER 1964; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965; TSCHERNE 1969; WILLENEGGER, PERREN, SCHENK 1971). Denn die Zahl der primären Knochenheilungen ist sowohl der Güte der Osteosynthese als auch dem Prozentsatz der funktionellen und ana-

tomischen Restitutio ad integrum proportional. Damit kommt der primären Frakturheilung nicht nur röntgenkosmetische sondern auch praktische Bedeutung zu (SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965 und SEGMÜLLER, CORRODI u. KESSLER 1964).

a2. Stabilität und Vascularität

Mechanisch dauerstabile Fixation und anatomisch präzise Adaptation, optimale Vascularität der Fragmente und anhaltende Kompression sind die Voraussetzungen für eine per-primam-Heilung der Fraktur (ALLGÖWER 1964; ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963; KÜNTSCHER 1962; KÜNTSCHER 1964; LEITZ 1966; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; RUSH u. GELBKE 1957; SCHENK u. WILLENEGGER 1964; SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965; WAGNER 1963; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

Die Durchblutung der Frakturfragmente stellt eine *conditio sine qua non* dar. Sie muß bei der Osteosynthese erhalten oder geschaffen werden (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b und LEITZ 1966).

a3. Osteone als Elemente der direkten Ossifikation

Träger der intracanalären, corticogenen Osteogenese sind die Zellverbände der HAVERSSchen Kanäle des hochorganisierten Lamellenknochens. Im Falle der primären Knochenheilung geht die Osteogenese direkt von diesen Zellverbänden aus, welche die Blutgefäße in den HAVERSSchen Kanälen mantelartig umgeben (ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963; KÜNTSCHER 1964; SCHENK u. WILLENEGGER 1964; SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965; WIESER u. ALLGÖWER 1962; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971). Die genaue Herkunft der Osteoblasten ist jedoch offen (WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971). Diese sofort hochwertigen Lamellenknochen bildenden Osteoblasten reagieren sehr empfindlich auf endokrine Faktoren, wie SCHENK u. WILLENEGGER (1964) zeigen konnten.

a4. Druck

Es ist auch noch nicht entschieden, ob Stabilität und Kompression zusammen oder jede für sich allein Voraussetzung für eine direkte Frakturheilung ist. Bei sehr feiner Osteotomie mit anschließender Stabilisierung ohne Druck kann

histologisch eine primäre, angiogene Ossifikation der Osteotomiezone erreicht werden (ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963). Druck fördert jedoch die Ossifikation der Osteoblasten (ALLGÖWER 1967 und ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963).

a5. Textur des neugebildeten Knochens

Zur primären Knochenheilung gehört, daß die Fragmente unter gleichzeitiger Wiederherstellung der Corticalisstruktur vereint werden. Der neu gebildete und hoch differenzierte Lamellenknochen zeigt einen ausgesprochen trajektoriellen Aufbau (SCHENK u. WILLENEGGER 1964).

a6. Kontaktheilung als einphasige Primärheilung

Die Kontaktheilung ist eine primäre Knochenbruchheilung, welche einphasig erfolgt. Bei der Kontaktheilung besteht direkter Flächenkontakt der Corticalis. Das Eindringen von Gewebe wird dadurch verhindert. Unter gleichzeitigem Ab- und Aufbau erfolgt die Knochenregeneration direkt durch die Osteone (ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963 und WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

Histologisch findet sich eine starke Erweiterung der HAVERSSchen Kanäle ("Bohrkopf") in den devitalisierten Zonen. Osteoklasten, Blutgefäße und Mesenchymzellen dringen in den HAVERSSchen Kanälen gegen die Frakturzone vor, bauen totes Material ab und gleichzeitig neuen Knochen auf (ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963 und WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

a7. Spaltheilung als zweiphasige Primärheilung

Die Spaltheilung ist eine zweiphasige, direkte Knochenbruchheilung. Es verbleibt bei der Osteosynthese ein Raum zwischen den Fragmenten. In der 1. Phase des Geschehens wird nun, wenn die Fixation stabil ist, dieser Trennungsspalt direkt mit Knochengewebe ausgefüllt, das primär angio-gen entsteht. Die einsproßenden Kapillaren und mesenchymalen Zellen stammen aus dem Periost, dem Endost und aus den HAVERSSchen Kanälen der Kompakta. Ist der Trennungsspalt aufgefüllt, folgt die 2. Phase. Osteone aus der Corticalis und dem Knochengewebe des Trennungsspalts durchwachsen diesen und schaffen eine geordnete, trajektorielle Struktur (WAGNER 1963 und WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

Bei Instabilität verläuft die Knochenbildung in diesem Fall über intermediäres Stützgewebe (Callus). Es liegt dann also eine sekundäre Heilung vor (WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

b. Sekundäre Knochenheilung als gestörte Primärheilung

Die indirekte = sekundäre = callöse Knochenheilung ist eine mehr oder minder gestörte Primärheilung. Das Leitsymptom einer gestörten Primärheilung ist der Callus. Daneben treten auch Osteolysen und direkte Knochenneubildungen auf. Die per-secundam-Heilung stellt also eine Mischform von Osteogenesemöglichkeiten dar, wobei periostale und endostale Gewebe ebenso wie das compactaeigene Gefäßsystem zur Callusbildung beitragen (SCHENK u. WILLENEGGER 1964; SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965; WIESER 1964; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

b1. Instabilität

Dehissenz oder Instabilität der Fragmente ist der Anlaß zur Bildung von Callus, welcher nur ein intermediäres Stützgewebe auf dem Weg zur

Knochenbildung darstellt. Es dient der Knochenheilung gewissermaßen als Stabilisator und als Leitstruktur, welche bei der primären Osteogenese durch die stabile Osteosynthese gegeben sind (ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963; WIESER u. ALLGÖWER 1962; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

b2. 2 Phasen der Callusbildung

Die Callusbildung wird klinisch in 2 Phasen eingeteilt (KÜNTSCHER 1970; RUSH u. GELBKE 1957; WILLENEGGER, PERREN, SCHENK 1971). In der 1. Phase wird Fixationscallus gebildet. Dieser primäre Callus ist röntgenologisch scharf begrenzt und verhältnismäßig dicht, stabilisiert und übernimmt zunehmend Stütz- und Tragefunktion (WIESER 1964; WIESER u. ALLGÖWER 1962; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971). Die 2. Phase beinhaltet den Umbau des Fixationscallus bis zu Lamellenknochen. Dieser Umbau des bindegewebigknorpeligen Callus durch desmale und chondrale Ossifikation über Faserknochen zu tragfähigem Lamellenknochen erfolgt sehr langsam (ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963 und SCHENK u. WILLENEGGER 1964).

b3. Entzündungstheorie

Ursache von endostaler und periostaler Callusbildung ist eine Entzündung gleich welcher Art (KÜNTSCHER 1962; KÜNTSCHER 1964; KÜNTSCHER 1970; SCHENK u. WILLENEGGER 1964). Durch chemische, allergische, bakterielle und mechanische Entzündungen als Reiz läßt sich Callus auch ohne Knochenbruch erzeugen. Beim Knochenbruch selbst liegt eine chemische Entzündung vor.

b4. Induktionstheorie

Diese zunächst unspezifische Bindegewebsproliferation wird durch einen Induktionsvorgang (osteogenetisches Prinzip) zu Knochen oder bei Sauerstoffmangel zu Knorpel differenziert. Eine mechanische Differenzierung gibt es nicht, nur eine chemische. Voraussetzung für die Umwandlung ist im Gegenteil mechanische Ruhe; denn alle Kräfte zerstören den Callus, und es kommt zur Pseudarthrose (KÜNTSCHER 1962 und KÜNTSCHER 1970).

b5. Serumeiweißstörungen

Bei einer Störung der Knochenheilung finden sich

in der Elektrophorese von Serumeiweiß signifikante Veränderungen, wie ISELIN, AFANASSIEFF u. EGAWA (1963) zeigen konnten. Sie ist daher als biologisches Zeichen zur Beurteilung der Knochenbruchheilung zu verwenden. Es ist möglich, auf Grund der Elektrophorese zwischen verzögerter Callusbildung und Pseudarthrose zu unterscheiden.

c. Callusproblem

c1. Fixationscallus

Fixationscallus zeigt sich im Röntgenbild dicht und scharf begrenzt. Er hat Stützfunktion und dient der Stabilisierung (WIESER 1964; WIESER u. ALLGÖWER 1962; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

c2. Mantel- oder Kragencallus

Bei der sekundären Knochenheilung entwickelt sich ein appositioneller Mantel- oder Kragencallus (WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

c3. Schalencallus

Ein geschichteter Schalencallus tritt mitunter bei aseptischen Entzündungsreaktionen (z. B. Metalllose) auf, wenn diese auf das Periost übergreifen und eine Callusbildung veranlassen (WIESER 1964).

c4. Reiz- oder Irritationscallus

Besondere Beachtung muß dem röntgenologisch wolkigen, voluminösen, verwaschenen, unstrukturierten und unscharf begrenzten Reiz- oder Irritationscallus gewidmet werden. Er ist funktionell nicht tragfähig und stellt insofern ein Warnzeichen dar, als er auf Instabilität schließen läßt. Er ist deshalb so unerwünscht, weil er die Gefahr einer Pseudarthrose signalisiert (KÜNTSCHER 1964; SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965; WIESER 1964; WIESER u. ALLGÖWER 1962; WILLENEGGER, PERRIN u. SCHENK 1971).

4. Röntgenbild

Neben der klinischen Untersuchung sind es vor allem Röntgenaufnahmen, welche stets herangezogen

werden, um die Frage der Implantatentfernung zu entscheiden. Dem Röntgenbild kommt daher überragende Bedeutung für die Beurteilung der Konsolidation der Fraktur zu (KUSS u. FELDER 1965).

a. Röntgenbild als Teilaspekt

Mit Hilfe der Röntgenuntersuchung allein ist eine klare Beantwortung der Frage nach dem Zeitpunkt der Materialentfernung nicht möglich (FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970). Erst in Verbindung mit der klinischen Untersuchung und den subjektiven Angaben des Patienten läßt sich ein Urteil finden (KUSS u. FELDER 1965).

b. Verlaufskontrollen

Nicht durch eine einzige Untersuchung sondern nur durch klinische und röntgenologische Verlaufskontrollen kann der richtige Termin zur Entfernung des Metalls erkannt und festgesetzt werden (KUNER u. WELLER 1968 und WIESER 1964). Röntgenologische Kontrollen sind nach 6, 12 und 16 Wochen nach der Osteosynthese anzuraten (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

c. Callusfreie Frakturheilung

In der Praxis finden sich röntgenologisch alle Übergänge von der idealen calluslosen Heilung bis zur massiven Callusbildung (WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

Bei der primären, callusfreien Heilung wird der Frakturspalt zuerst verwaschen und verschwindet nach 6 bis 12 Wochen ganz. Einzig am Verschwinden dieses Frakturspaltes ist eine primäre Knochenheilung im Röntgenbild zu erkennen (FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970; KUNER u. WELLER 1968; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; TSCHERNE 1969; WIESER 1964; WIESER u. ALLGÖWER 1962). Die Beurteilung der Konsolidierung ist dadurch sehr schwierig. Ganz besonders geachtet werden muß auch auf eine homogene Strukturierung der Frakturzonen.

Bei Vorliegen einer calluslosen Heilung empfiehlt es sich, das Material nicht zum frühestmöglichen Zeitpunkt herauszunehmen, sondern lieber noch etwas abzuwarten (FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970; KUNER u. WELLER 1968; SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965).

d. Tomographie

Genügen die zwei üblichen Standardaufnahmen zur Abklärung der Frage der Knochenheilung nicht, so sind eine dritte Aufnahme aus anderer Richtung und, wenn nötig, Tomogramme angebracht (WIESER u. ALLGÖWER 1962).

e. Störungen der Knochenheilung

Das Röntgenbild bietet wichtige Hinweise auf eine gestörte Knochenheilung (WIESER u. ALLGÖWER 1962):

1. Verhalten des Frakturspaltes
 - a. Verbreiterung der Frakturlinien
 - b. Wiederauftreten von Frakturlinien
2. Callusbildung
3. Auftreten von osteolytischen Zonen
4. Achsenknickungen

e1. Frakturspalt

Sind die Frakturlinien noch gut sichtbar, so ist es noch zu früh für eine Entnahme der Implantate. Sie sind zu belassen (FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970).

Finden sich auch nach Monaten keine radiologischen Veränderungen der Grenzen der Frakturspalte, liegt der Verdacht nahe, daß es sich um avasculäre Fragmente handelt (SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965). Persistieren oder Deutlicher- und Breiterwerden des Frakturspaltes deuten auf überwiegende Resorption hin (WIESER 1964). Eine röntgenologische Vergießung des Frakturspaltes läßt auf eine mehr oder weniger ausgeprägte Störung der primären Frakturheilung schließen, deren Ursache Instabilität ist (WIESER 1964). Auch das Wiederauftreten von Frakturlinien, die bereits verschwunden waren, ist in diesem Sinne sehr ernst zu nehmen (WIESER 1964).

e2. Callus

Röntgenologisch ist fast jede Callusbildung bei einer Osteosynthese als Folge einer Instabilität der Fragmente zu bewerten (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b und WIESER u. ALLGÖWER 1962). Damit wird Callus im Röntgenbild zum Leitsymptom einer gestörten Primärheilung (WIESER 1964).

Wolkiger, unscharf begrenzter Reizcallus bedarf besonderer Beachtung, zeigt er doch frühzeitig

Instabilität und damit drohende Pseudarthrose an (KÜNTSCHER 1964; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965; WIESER 1964; WIESER u. ALLGÖWER 1962; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971). Eine vollständige Entlastung von 4 bis 6 Wochen ist angebracht. Das Auftreten von Querrissen im Callus ist ebenfalls ein wichtiges röntgenologisches Spätzeichen der Instabilität (HACKETHAL 1961). In solchen Fällen ist die Callusbildung meist auch vermehrt. Sehr ernste Vorzeichen einer Pseudarthrose sind frische Aufhellungszonen im Reizcallus oder in der Fortsetzung eines kurzen Frakturspaltes. Auch hier ist eine konsequente Entlastung während einer genügend langen Zeit erforderlich (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b und WIESER u. ALLGÖWER 1962).

e3. Osteolysen

In der Nähe von Metall sind Osteolysen meist Ausdruck eines lokalen, latenten Infekts, welcher sich in der Röntgenaufnahme in unscharf begrenzten Aufhellungen äußert (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; WIESER 1964; WIESER u. ALLGÖWER 1962). Saumartige, scharf begrenzte

Knochenaufhellungen in unmittelbarer Nähe der Schrauben dagegen sind sehr häufig nicht metallbedingt sondern Folge mechanischer Unruhe (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; WIESER 1964; WIESER u. ALLGÖWER 1962). Wegen dieser mechanischen Instabilität müssen Syndesmosen-schrauben, die bei einer tibiofibularen Gabelsprengung eingebracht wurden, nach etwa 6 bis 8 Wochen entfernt werden (WIESER 1964 und WIESER u. ALLGÖWER 1962). Als Anzeichen einer Ermüdungsfraktur bei Über- oder/und Fehlbelastung gelten LOOSERSche Aufhellungszonen, welche auch an frakturfernen Stellen auftreten können (WIESER u. ALLGÖWER 1962).

Dystrophische Knochenveränderungen im Sinne einer Arthrosis deformans, die gewöhnlich bei konservativer Frakturbehandlung besonders an distalen Skeletabschnitten zu beobachten sind, lassen sich bei operativ versorgten Frakturen röntgenologisch nur in geringem Ausmaß oder oft auch gar nicht nachweisen (WIESER 1964; WIESER u. ALLGÖWER 1962).

Deutlich zu erkennen ist dagegen, wie die Corticalis im Laufe der Heilung an Dichte verliert,

wenn Platten den Kraftfluß ändern. Besonders unter dem Einfluß einer langdauernden Doppelplattenosteosynthese findet sich schon früh ein Dichteverlust der Corticalis (WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971). Um Komplikationen zu vermeiden, sollen Doppelplatten zweizeitig entnommen werden, wobei etwa 3 Monate Erholung nach der ersten Entfernung zugestanden werden soll. Nach jeder Plattenentfernung schützt eine langsam ansteigende Belastung vor unnötigen Komplikationen.

f. Metallose

Besonders bei jüngeren Patienten, welche mit Platten versorgt wurden und deren Osteosynthese völlig stabil ist, finden sich meist an den Plattenenden feine Aufhellungshöfe und unregelmäßige Periostauflagerungen als Antwort auf den Fremdkörper. Geschichteter Schalencallus entsteht, wenn eine aseptische Entzündungsreaktion (z. B. eine Metallose) auf das Periost übergreift und dieses zur Callusbildung anregt (WIESER 1964).

5. Klinische Untersuchung

Auf die Bedeutung der klinischen Untersuchung in Verbindung mit der röntgenologischen wird oben schon hingewiesen. Beide zusammen bilden die Basis für eine Beurteilung der Heilung.

a. Gesamtfunktion

Die Ergebnisse der verschiedenen Einzeluntersuchungen haben für die Beurteilung der Gesamtfunktion einen unterschiedlichen Wert. Beispielsweise ist für die Funktionstüchtigkeit der unteren Extremität die vollständige Streckfähigkeit des Kniegelenkes viel wichtiger als das Ausmaß der Beugefähigkeit (KUSS u. FELDER 1965). Die vielen Einzelresultate der klinischen Untersuchung müssen gemäß ihrem Wert für die Gesamtfunktion in die Zusammenschau eingehen.

b. Untersuchungsprogramm

Bei KUSS u. FELDER (1965) und auch bei MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER (1963 b) finden sich detailliert Untersuchungsbögen für klinische Untersuchungen. Einige der Prüfungen seien

tabellarisch angeführt.

c. Tabelle klinischer Untersuchungen

c1. Beweglichkeit

- a. Einschränkungen des Bewegungsumfanges
- b. Schmerzen

c2. Gehfähigkeit

- a. Sicherheit
- b. Einschränkungen bei unebenem Boden
- c. Schnelligkeit
- d. Hinken

c3. Gebrauchsfähigkeit

- a. Standfestigkeit
- b. Sicherheit
- c. Stockgebrauch
- d. Ermüdbarkeit
- e. Kraft; Lasten-tragen
- f. Arbeitsfähigkeit
- g. Sport

c4. Anatomie

- a. Verkürzung
- b. Umfangsdifferenz der Gelenke
- c. Gelenkinnenschaden; Wackel-, Schlotter-
oder Schleudergelenke
- d. Crepitation der Gelenke

- e. Achsenfehler; Genu valgum/varum
- f. Rotationsfehler
- c5. Schmerzen
 - a. subjektive Angaben
 - b. objektivierbare Schmerzen
 - c. Wetterfühligkeit
 - d. zeitlicher Verlauf
 - e. Stauchungs- und Druckempfindlichkeit
- c6. Atrophie
 - a. Umfangsdifferenz der Muskulatur
 - b. Kraft
- c7. Schwellung
 - a. Weichteilschwellung
 - b. Zirkulationsstörung
 - c. rezidivierende Gelenksergüsse
 - d. Neigung zu Schwellungen
- d. Serumeiweißelektrophorese

Mit der Serumeiweiß-Elektrophorese läßt sich zwischen verzögerter Callusbildung und Pseudoarthrose differenzieren (ISELIN, AFANASSIEFF u. EGAWA 1963).

6. Richtzeiten

Jeder Knochenbruch ist als Einzelfall zu beurteilen (HELL u. FREI 1966). Er erfordert daher eine individuelle Behandlung und unterliegt unterschiedlichen Gesichtspunkten in der Therapie. Es läßt sich deshalb kein Schema zur Zeitwahl der Metallentfernung angeben, welches Anspruch auf Allgemeingültigkeit für alle osteosynthetisierten Frakturen erheben könnte. Die folgenden Zeitanangaben sollen daher nur ungefähre Anhalt zur Frage der Konsolidation des Knochenbruchs sein (HELL u. FREI 1966; KUNER u. WELLER 1968; REHN u. HIERHOLZER 1971).

a. Stationäre Entfernung

Die Entfernung wird zweckmäßigerweise stationär ausgeführt (HACKETHAL 1961 und KÜNTSCHER 1962).

b. Patient

Für ältere Patienten gelten die angegebenen Zeiten nur bedingt. Außerdem ist immer zu überlegen, ob der Eingriff überhaupt zugemutet werden kann oder ob es nicht besser ist, das Osteosynthese-

material zu belassen (FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970; KUNER u. WELLER 1968; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖWER, WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; RUSH u. GELBKE 1957).

Bei Kindern und Jugendlichen dagegen muß zum frühestmöglichen Zeitpunkt das Osteosynthesematerial entfernt werden, um die Gefahr von Wachstumsschäden so niedrig wie möglich zu halten (HACKETHAL 1961; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; RUSH u. GELBKE 1957).

Operativ fixierte pathologische Frakturen lassen meist eine Materialentnahme wegen mangelnder Heilungstendenz nicht zu (FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970).

c. Schonung nach Implantatentfernung

Es darf nicht versäumt werden, auch nach der Implantatentfernung Röntgenaufnahmen anzufertigen, einmal zur Kontrolle der Frakturheilung, andererseits zur Erkennung von Corticalisstrukturveränderungen und anderen Komplikationen (HACKETHAL 1961 und REHN u. HIERHOLZER 1971). Routinemäßig ist insbesondere nach Materialent-

fernung aus der unteren Extremität dem Patienten einige Tage Schonung zu empfehlen. Bei besonders gestörter Corticalisstruktur ist sogar eine Entlastung von 4 bis 6 Wochen angebracht (HACKETHAL 1961).

d. Zeitangaben

d1. Kinder und Jugendliche

Lokalisation	Methode	Liegezeit der Implantate	Autoren
Allgemein	Allgemein	einige Wo bis wenige Mo	HACKETHAL 1961; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; RUSH u. GELBKE 1957
	Bündel-nagelung	6 Wo	HACKETHAL 1961

Lokalisation	Methode	Liegezeit der Im- plantate	Autoren
Ober- schenkel	Allgemein	4 - 11 Wo	HACKETHAL 1961
Unter- schenkel Jugend- licher	Allgemein	8 - 10 Mo	MÜLLER, ALLGÖ- WER u. WILLEN- EGGER 1963 b

d2. Erwachsene

Lokalisation	Methode	Liegezeit der Im- plantate	Autoren
Allgemein	Allgemein	12 Mo	MÜLLER, ALLGÖ- WER u. WILLEN- EGGER 1963 b; SEGMÜLLER, COR- RODI u. KESS- LER 1964
		18 - 24 Mo	KUNER u. WEL- LER 1968

Lokalisation	Methode	Liegezeit der Im- plantate	Autoren
Allgemein	Mark- nagelung	5 Mo	KÜNTSCHER u. MAATZ 1945 (!)
		12 Mo	KUNER u. WEL- LER 1968
		nicht vor 12 Mo	FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970
		12 - 24 Mo	KÜNTSCHER 1962
	Bündel- nagelung	4 - 12 Mo	HACKETHAL 1961
	Verplat- tung	nicht vor 12 Mo	FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970
	Ver- schrau- bung	12 Mo	KUNER u. WEL- LER 1968
		nicht vor 12 Mo	FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970
	Spick- drähte, Zuggur- tungen	12 Mo	KUNER u. WEL- LER 1968
		4 - 12 Mo	HACKETHAL 1961
		12 Mo	KUNER u. WEL- LER 1968

Lokalisation	Methode	Liegezeit der Implantate	Autoren
Allgemein	Draht- cerclagen (allein oder zu- sätzlich)	6 - 8 Wo	KUNER u. WEL- LER 1968; MÜL- LER, ALLGÖWER u. WILLENEG- GER 1969
		6 - 10 Wo	MÜLLER, ALLGÖ- WER u. WILLEN- EGGER 1963 b
		8 - 10 Wo	REHN u. HIER- HOLZER 1971
Cortica- lishereich	Allgemein	18 - 24 Mo	REHN u. HIER- HOLZER 1971
Spongiosa- bereich (z. B. Malleolen)	Allgemein	3 - 6 Mo	MÜLLER, ALLGÖ- WER u. WILLEN- EGGER 1969
	Schrauben, Drähte, Nägel	einige Wo bis 12 Mo	REHN u. HIER- HOLZER 1971
		3 Mo	MÜLLER, ALLGÖ- WER u. WILLEN- EGGER 1963 b

Lokalisation	Methode	Liegezeit der Im- plantate	Autoren
Ober- schenkel	Nagelung	6 Mo	KÜNTSCHER 1966
		12 Mo	WICKSTROM u. CORBAN 1967
		18 - 24 Mo	KÜNTSCHER 1962
	RUSHpin- nung	nicht un- ter 12 Mo	RUSH u. GELB- KE 1957
Unter- schenkel	Allgemein	12 Mo	MÜLLER, ALLGÖ- WER u. WILLEN- EGGER 1963 b; SEGMÜLLER, COR- RODI u. KESS- LER 1964
		18 - 24 Mo	MÜLLER, ALLGÖ- WER u. WILLEN- EGGER 1969
Tibia- kopf	Allgemein	2 - 12 Mo, im Mittel 4 Mo	KUSS u. FEL- DER 1965

Lokalisation	Methode	Liegezeit der Im- plantate	Autoren
Tibio- fibuläre Syndes- mose	Syndesmo- sen- schraube (Stell- schraube)	nicht über 6 Wo	REHN u. HIER- HOLZER 1971
		nicht über 6 - 8 Wo	KUNER u. WEL- LER 1968; MÜL- LER, ALLGÖWER u. WILLEN- EGGER 1969
		nicht über und nicht unter etwa 8 Wo	MÜLLER, ALLGÖ- WER u. WILLEN- EGGER 1963 b

d3. Anmerkungen zu obiger Tabelle

Allgemein: Die Autoren beziehen ihre zeitlichen Empfehlungen auf keine bestimmte Lokalisation oder Technik, sondern wollen die Liegezeiten als ganz allgemein gültige Richtlinien verstanden wissen.

Wo: Wochen

Mo: Monate

e. Marknagelung

Die Marknagelung ist im allgemeinen trotz geringer Instabilitäten eine Garantie für eine knöcherne Heilung (KÜNTSCHER 1962).

f. Doppelplattenosteosynthese

Bei Osteosynthesen mit Doppelplatten wird zuerst nur eine Platte entfernt. Nach etwa 3 Monaten kann dann die zweite Platte entnommen werden (KUNER u. WELLER 1968 und REHN u. HIERHOLZER 1971). Auf diese Weise wird die Vascularität und die Regeneration der Knochenstruktur begünstigt und damit eine Refraktur vermieden.

g. Syndesmosenschraube (Stellschraube)

Die sogenannte Stellschraube zur Stabilisierung der gesprengten tibiofibularen Syndesmose soll mindestens etwa 6 bis 8 Wochen, aber auch nicht wesentlich länger liegen. Auf jeden Fall muß die Syndesmosenschraube vor Aufnahme der vollen Belastung entfernt werden, um Arthroseschäden im Sprunggelenk zu verhüten (KUNER u. WELLER 1968; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u.

HIERHOLZER 1971; WIESER u. ALLGÖWER 1962).

h. Drahtcerclagen

Die Indikation für die Anwendung von Cerclagen soll sehr kritisch gestellt werden. Drahtum-schlingungen stören die intraossäre und peri-ostale Zirkulation (KUNER u. WELLER 1968; KÜNT-SCHER 1962; REHN u. HIERHOLZER 1971). Sie müs-sen daher ebenfalls frühzeitig herausgenommen werden. Gegebenenfalls ist bei der Entfernung dieses umstrittenen Osteosynthesemittels eine stabile Kompressions-Osteosynthese durchzu-führen (REHN u. HIERHOLZER 1971).

C. Komplikationen

Das Thema Komplikationen ist hier nur insoweit behandelt, als es die Frage der Implantatentfernung berührt.

I. Ausführung der Osteosynthese

1. Indikationsstellung

Eine differenzierte Indikationsstellung für das jeweilige Osteosyntheseverfahren oder für eine kombinierte Osteosynthese ist von großer Bedeutung für den Heilverlauf (AHRER, PSENNER u. SCHENNACH 1967; DÜRR 1968; SEGMÜLLER, CORRODI u. KESSLER 1964; TSCHERNE 1969).

2. Voraussetzungen

Neben diffiziler Planung und perfekter Organisation, Beherrschung der Technik, Sorgfalt in der Durchführung und verantwortungsvoller Nachbehandlung ist geschulte Erfahrung wesentlich am Gelingen einer operativen Frakturbehandlung beteiligt (ALLGÖWER 1964; ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963; GÖPFERT 1966; HELL-

NER 1967 a; KUNER u. WELLER 1968; REHM 1965; TSCHERNE 1969).

Mangelhafte Asepsis, Schock und ausgedehnte operative Gewebeschädigungen stellen den Erfolg der Behandlung in Frage (ALLGÖWER 1967; ISELIN, AFANASSIEFF u. EGAWA 1963; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; TSCHERNE 1969; B. G. WEBER 1966; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

3. Schonung der Gewebe

Bei der Frage der Zeitwahl der Materialentfernung ist auch von Bedeutung, inwieweit das Weichteilgewebe geschont wurde. Nicht so sehr die Metallmenge als vielmehr die unnötige Mißhandlung des Gewebes stören die Knochenbruchheilung (ALLGÖWER 1964). KÜNTSCHER (1962 und 1964) warnt eindringlich vor den großen Operationswunden mit den entsprechenden Weichteil- und Periostschädigungen. Vitalitätsstörungen, Heilungsverzögerungen und Infektionen sind als Komplikationen zu fürchten. Wegen des geringen operativen Eingriffs plädiert KÜNTSCHER (1966) für das Verfahren der geschlossenen Marknagelung.

4. Weichteildeckung

Das Implantat muß optimal platziert sein, um eine gute, belastungsfähige Weichteildeckung zu erzielen. Eine andauernde mechanische Irritierung erzwingt ansonsten eine vorzeitige Entfernung (KUNER u. WELLER 1968 und REHN u. HIERHOLZER 1971). Wenn das Metall unter der Cutis tastbar ist, sollte es frühestmöglich entnommen werden (REHN u. HIERHOLZER 1971).

5. Osteosynthesematerial und Instrumentarium

Ein hoher Anteil (etwa 60 bis 90 %) fabrikneuer Implantate hält einer kritischen Prüfung auf Reinheit und Korrosionsfestigkeit nicht stand (FRANK 1968; KUNER u. WELLER 1968; SCHNABEL-MAIER u. BLÜML 1965). Daher soll ein Implantat nicht länger als nötig in situ belassen werden. V4A-Stahl und AISI-316-Stahl sind zur Zeit wegen der geringen Toxizität und hohen Beanspruchbarkeit als Osteosynthesematerial am besten geeignet (STRAUMANN, STEINEMANN, POHLER, WILLENEGGER u. SCHENK 1963).

Durch die Verwendung des richtigen Werkzeuges

wird die Gefahr der Transferkorrosion gering gehalten. Bei mangelhafter Sorgfalt im Umgang mit dem Implantat entstehen Passivschichtverletzungen. Auch Metallverformungen haben massive Korrosionen zur Folge (BRUSSATIS u. MÜLLER 1963 und SCHNABELMAIER u. BLÜML 1965).

WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK (1971) konnten eine von der Steifigkeit des Metalls abhängige Fragmentbeweglichkeit nachweisen, was die Stabilität der Frakturzone beeinflusst. Größere Deformierbarkeit dagegen verhindert weitgehend eine Spongiosierung der Corticalis, was zur Senkung der Häufigkeit von Ermüdungsbrüchen beiträgt.

6. Exakte anatomische Rekonstruktion

Die Knochen und Gelenke der unteren Extremität unterliegen einer hohen statischen und dynamischen Beanspruchung. Bei dislozierten intraartikulären Frakturen der kompliziert gebauten Gelenke der Beine ist die exakte anatomische Rekonstruktion der Gelenkflächen für Heilungsergebnis und -dauer ausschlaggebend (KUSS u. FELDER 1965; TSCHERNE 1969; B. G. WEBER 1966).

Dies gilt auch ganz besonders für die vielen schweren, distalen Tibiatrümmerfrakturen, wo ebenfalls die Qualität der Osteosynthese zur Beurteilung herangezogen werden muß (ALLGÖWER 1964; ALLGÖWER 1967; B. G. WEBER 1966).

7. Technische Ausführung

Perfekte Operationstechnik, z. B. Vorschneiden von Gewinden und Verwendung von AO-Schrauben mit breiten Gewindezügen, ist notwendig, um eine möglichst große Stabilität zu erzielen. Diese drückt sich in einer primären Knochenheilung ohne Callusbildung und Aufhellungszonen aus (ALLGÖWER 1967; PULS 1968; SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965; SEGMÜLLER, CORRODI u. KESSLER 1964; TSCHERNE 1969; WAGNER 1963; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971). Die callusfreie Heilung ist damit ein Zeichen, daß die Osteosynthese bezüglich Reposition, Vascularität und Stabilität optimal durchgeführt wurde (WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

8. Druck und Stabilität

Güte und Dauer der Frakturheilung werden weit-

gehend vom Druck und der Stabilität der Knochenfragmente bestimmt (HELL u. FREI 1966; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; SEGMÜLLER, CORRODI u. KESSLER 1964; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971). Es ist sogar möglich, daß durch eine Druckstabilisierung die durch das operative Vorgehen primär verminderte Durchblutung der Fragmente kompensiert oder sogar verbessert wird (WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

Insbesondere Schenkelhalsfrakturen sind meist nicht genügend stabilisierbar. Hier kommt es besonders auf eine möglichst stabile Osteosynthese in Verbindung mit einer korrekten Einstauchung an. Von diesen Faktoren hängt das Repositionsergebnis und Dauer und Erfolg der Heilung ab (FREICK 1967; LEITZ 1966; PANNIKE, MEYER u. RUEFF 1968).

9. Biomechanik

Biomechanische Überlegungen stehen am Anfang jeder Osteosynthese (ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969). Bei biomechanisch richtiger Metallverwendung können Knochenfrakturen mit minimalem Stoffwechselaufwand ökonomisch und

zeitsparend heilen (ALLGÖWER, MÜLLER, SCHENK u. WILLENEGGER 1963). Ein gut eingebrachter metallurgisch schlechter Fremdkörper ist für den Heilverlauf von weitaus größerem Vorteil als etwa ein gut verträgliches Metall mit biomechanisch schlechtem Sitz (THOMSEN in der Aussprache nach ISELIN, AFANASSIEFF u. EGAWA 1963 und der Verhandlungsleiter in der Aussprache nach WAGNER 1963). Eine biomechanisch falsch konzipierte Osteosynthese, die nicht zur Frakturheilung führt (drohende Pseudarthrose oder bevorstehender Materialbruch), kann eine Indikation zur sofortigen Implantatentfernung und Reosteosynthese sein (ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969; REHN u. HIERHOLZER 1971; WELLER 1967).

Im Hüftkopf behindert eine extrem craniale Nagellage die Revaskularisierung von tragenden Abschnitten des caput femoris, woraus nach LEITZ (1966) eine Hüftkopfnekrose in etwa 57 % der Fälle resultiert.

10. Methode

a. Osteotomie

Bei der geschlossenen Osteotomie mit anschließender geschlossener Marknagelung erfolgt die Heilung sehr schnell. Eine Entfernung ist schon nach etwa 6 Monaten möglich (KÜNTSCHER 1966).

b. Marknagelung

Die Marknagelung geht öfters mit geringen Instabilitäten einher, die einen röntgenologisch erkennbaren Reiz- oder Irritationscallus hervorrufen, welcher aber in Fixationscallus übergeht. Dennoch zählt die Marknagelung klinisch zu den stabilen, oft sogar belastungsstabilen Osteosynthesemethoden (WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

Ein großer Vorzug der intramedullären Stabilisierung ist, daß der Knochen im Gegensatz zur Plattenstabilisierung als Kraftträger in den Kraftfluß integriert bleibt und sogar im Laufe der Heilung stetig zunehmend seine Funktion als tragendes Element wiederbekommt. Außerdem

wird das Periost geschont (H. G. WEBER, KAESSMANN u. HOPF 1970).

Ein zu dünner Nagel neigt zum Wandern und stabilisiert nicht. Ein Nagelwechsel ist erforderlich (KÜNTSCHER 1962). Ein zu dicker Nagel kann eine Fragmentdiastase bewirken. Eine Nagelung in Verbindung mit Drahtcerclagen ist wegen der intraossären und periostalen Durchblutungsbehinderung nach Möglichkeit zu vermeiden (AHRER, PSENNER u. SCHENNACH 1967; DÜRR 1968; KÜNTSCHER 1962; SCHRAMM 1970; TSCHERNE 1969).

c. Platten

Wegen der Unruhe in der Frakturzone zieht DÜRR (1968) die übungsstabile Plattenosteosynthese der meist sogar belastungsstabilen Marknagelung vor.

Einen allmählichen Übergang des Kraftflusses auf den Knochen kann man erreichen, wenn man zu den Plattenenden hin kürzere Schrauben verwendet (SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965).

d. Doppelplatten

Doppelplattenosteosynthesen sollten nicht mehr vorgenommen werden. Bei Mehrfragmentenbrüchen und Pseudarthrosen, bei denen eine Stabilisierung mit 2 Platten nicht zu vermeiden war, müssen diese zweizeitig entfernt werden (ALLGÖWER 1964; ALLGÖWER 1967; DOBBERSTEIN 1970; FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970; KUNER u. WELLER 1968; KÜNTSCHER 1970; LEITZ 1968; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; SEGMÜLLER u. ALLGÖWER 1965; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971). Zuerst wird nur eine Platte entnommen. Dadurch können sich die Durchblutungsverhältnisse bessern. Ebenso kann die spangioisierte Corticalis sich erholen. Die Vitalität und Beanspruchbarkeit des Knochens steigt im Laufe der Zeit, so daß nach einer Zwischenzeit von ungefähr 3 Monaten auch die zweite Platte entfernt werden kann, ohne Refrakturen über das normale Maß hinaus befürchten zu müssen.

e. Schrauben

Schraubengewinde sollen vorgeschnitten werden, um eine Fibrose des Schraubenlagers zu vermei-

den. Instabilitäten wären die Folge (WAGNER 1963).

Mit Vollgewindeschrauben, die durch 2 Fragmente gehen, läßt sich keine Druckosteosynthese erzielen (AHRER, PSENNER u. SCHENNACH 1967; DÜRR 1968; SCHRAMM 1970; TSCHERNE 1969).

f. Syndesmosenschrauben

Syndesmosenschrauben (Stellschrauben) nach tibiofibulärer Gabelsprengung sind auf jeden Fall noch vor der vollen Belastung etwa 6 bis 8 Wochen post operationem zu entfernen (KUNER u. WELLER 1968; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; WIESER u. ALLGÖWER 1962). Damit lassen sich die meist schweren Sprunggelenksarthrosen nach Gabelversteifung durch Verknöcherung im Syndesmosenbereich vermeiden.

g. Cerclagen

Die Anwendung der Cerclagen ist sehr umstritten. Da mit ihnen allein nur eine instabile Adaptionsosteosynthese erreicht werden kann, sollen sie, falls überhaupt die Notwendigkeit besteht, nur

in Verbindung mit anderen Osteosynthesemethoden verwendet werden (FRIEDRICH u. ZWIRNER 1970; KUNER u. WELLER 1968; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971).

h. Äußere Osteosynthese

Äußere Spanner bei Sprunggelenksarthrodesen werden stets nach 4 bis 5 Wochen entfernt. Der Patient erhält anschließend für weitere 5 bis 8 Wochen einen Gipsverband (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

II. Nachbehandlung

1. Bedeutung der kontrollierten Nachbehandlung

Eine entscheidende Rolle für das Endergebnis einer Osteosynthese spielt die kontrollierte, optimale Nachbehandlung. Systematische Kontrolluntersuchungen sind mit viel Geduld und Arbeit, hohen Kosten und einer guten Organisation verbunden. Für die Beurteilung der Frage der Materialentfernung sind Nachkontrollen aber für den Arzt eine große Hilfe (KUNER u. WELLER 1969; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN 1970; WICKSTROM u. CORBAN 1967).

In 4-wöchigem Abstand empfiehlt SCHRAMM (1965) ambulante Kontrollen vorzunehmen, bei denen zusätzlich zur klinischen Untersuchung die Leukozyten gezählt, die Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG) bestimmt und Röntgenaufnahmen gemacht werden.

Durch gezielte Überwachung des postoperativen Verlaufs gelang es REHM (1965), die Infektionsrate von 7,5 auf 2 % zu senken, wobei auch noch die Schwere der Infektionen zurückging.

Nachlässigkeiten in der Nachbehandlung können deletäre Folgen zeitigen. Beispielsweise kann der kleinste Fehler beim Auswechseln einer REDON-Saugflasche unter Umständen Ursache für die Entstehung eines Gasbrandes sein (REHM 1965).

2. Persönlichkeit des Patienten

Gesamtpersönlichkeit des Patienten, soziale Verhältnisse, Gesundungs- oder Rentenwille, Einsicht, Geduld und Vernunft beeinflussen nicht nur die Entscheidung zur Indikation der operativen Frakturbehandlung, sondern bestimmen auch mit den Nachbehandlungsplan, der ja eine aktive Mitarbeit des Patienten vorsieht (KUNER u. WELLER 1969 und REHN 1970).

3. 3 Phasen der Nachbehandlung

Die Nachbehandlung läßt sich klinisch in 3 Zeiträume einteilen (KUNER u. WELLER 1969).

1. Primäre postoperative Phase. Sie endet mit dem Abschluß der Wundheilung.
2. Phase der vollständigen Entlastung. Die operierte Extremität wird intensiv bewegt. Es besteht ein fließender Übergang in die 3. Phase.

3. Phase der Teil- und Vollbelastung. Sie findet mit der Entfernung des Osteosynthesematerials ihren Abschluß.

4. Eingeschränkte Nachbehandlung

Die Nachbehandlung operierter Frakturen ist weitgehend von der primären Versorgung abhängig (B. G. WEBER 1966) und wird sehr oft durch Nebenverletzungen eingeschränkt (KÜNTSCHER u. MAATZ 1945).

5. Nachbehandlung bei Marknagelung

Mit dem Satz, Marknagelung sei Frakturbehandlung ohne Nachbehandlung, der HACKENBRUCH zugeschrieben wird, ist lediglich gemeint, daß eine Nachbehandlung im Sinne einer Wiederherstellung der Funktion, wie sie bei konservativer Knochenbehandlung durchgeführt werden muß, im Falle der Marknagelung in der Regel wegen der frühen Aktivierbarkeit der Extremität nicht notwendig wird. Oft entfallen aber auch Maßnahmen, die bei den übungsstabilen Osteosynthesen getroffen werden müssen, um ein gutes funktionelles Resultat zu erzielen. Zumeist wird mit der Marknagelung

nämlich eine sofort belastungsfähige Osteosynthese erreicht (KUNER u. WELLER 1969; KÜNTSCHER 1966; KURZ u. JUST 1967).

6. Ödemprophylaxe durch Hochlagerung und abschwellend wirkende Medikamente

Die untere Extremität wird noch im Operationsaal mit einem lockeren, sterilen Verband versorgt und in einer bequemen, weichen Schaumgummischiene hochgelagert. Das Fußende soll etwa 60 cm über der Waagerechten sein (KUNER u. WELLER 1969; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; SCHRAMM 1965; B. G. WEBER 1966).

Das posttraumatische Ödem, welches fast ausschließlich durch das Frakturhämatom bedingt ist, kann beeinflußt werden durch abschwellende Medikamente wie Oxyphenbutazon (Tanderil) oder Indometazin (Amuno). Die Medikation wirkt weniger im Sinne einer aktiven Abschwellung des Ödems. Vielmehr kann es die postoperative Schwellung weitgehend verhindern, wenn schon präoperativ mit der Verabreichung begonnen wird (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b und SCHRAMM 1965).

Auch nach der Entlassung des Patienten aus der stationären Behandlung soll dieser bei Unterschenkel- oder Knöchelosteosynthese während der ersten Wochen die Extremität möglichst oft hochlagern (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

7. JOST-REDON-Saugdrainage

Meist werden routinemäßig schon operativ automatische JOST-REDON-Saugdrainagen gelegt, um postoperative Fraktur- oder Operationshämatombildungen zu verhindern, da diese leicht die Grundlage für Wundheilungsstörungen sind (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; SCHRAMM 1965; B. G. WEBER 1966). Vakuumflaschen werden häufig gewechselt, was aber nur durch erfahrenes Personal erfolgen soll (REHM 1965). Nach 2 Tagen sind die Drains zu entfernen (B. G. WEBER 1966). Späthämatome punktiert man möglichst metallfern (SCHRAMM 1965).

8. Verbände

In der Regel wird noch im Operationssaal ein dicker, gepolsterter, steriler Zellstoffverband angelegt. Ein Gipsverband ist nur angebracht,

wenn die Stabilisierung der Fraktur ungenügend ist oder andere Verletzungen dies erfordern (KUNER u. WELLER 1969 und B. G. WEBER 1966). Dies ist meist bei Gelenk- oder gelenknahen Frakturen der Fall, insbesondere bei Malleolarfrakturen. Diese sollen für etwa 1 Woche mit einer doppelten U-Schiene in maximaler Dorsalflexion fixiert werden (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

Bei Uneinsichtigkeit in das Belastungsverbot kann es darüber hinaus erforderlich sein, zum Selbstschutz des Patienten einen Gipsverband anzulegen oder andere die Stabilisierung sichernde Maßnahmen zu treffen (KUNER u. WELLER 1969 und REHN 1970).

Möglichst früh, schon 1 bis 2 bis 3 Tage post operationem werden im allgemeinen leichte Wundverbände abgenommen, damit eine offene Wundbehandlung durchgeführt werden kann (KUNER u. WELLER 1969; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; SCHRAMM 1965).

9. Ziehen der Fäden

Fäden werden nicht vor dem 10. bis 12. Tag gezogen (KUNER u. WELLER 1969; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; SCHRAMM 1965).

10. Infektionsverhütung

Besonderer Aufmerksamkeit bedarf es, um eine postoperative Wundinfektion frühzeitig zu erkennen. Klinische Zeichen wie die ungenügende Rückbildung der reaktiven Entzündung, febrile Temperaturen, Leukocytose und erhöhte Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG) nach dem 3. bis 4. postoperativen Tag sind zumeist die ersten Hinweise auf eine drohende Infektion. Aus diesem Grunde ist frühzeitig verbandlos zu behandeln und der spätere Heilverlauf regelmäßig ambulant zu kontrollieren (SCHRAMM 1965 und WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970). Neben anderen Maßnahmen gelang es REHM (1965) durch gezielte Überwachung des postoperativen Verlaufs, die Schwere der Infektionen und die Infektionsrate von 7,5 auf 2 % zu senken.

11. Antibioticagabe

Eine routinemäßige allgemeine Antibioticamedikation bei Osteosynthesen ist abzulehnen. Durch Selektion würde man im Gegenteil die Ansiedlung resistenter Keime fördern, und die Infektionsrate stiege (HIERHOLZER 1970 b; REHN im Rundgespräch nach WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970; TSCHERNE 1969; B. G. WEBER 1966; WICKSTROM u. CORBAN 1967; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970).

Nur bei schweren offenen Frakturen werden bactericide Antibiotica in hohen Dosen, z. B. 20 bis 40 Mill. E. Penicillin, verabreicht (TSCHERNE 1969 und WYSOCKI, JUNGBLUTH u. GRUSS 1970). Auch im Falle einer drohenden Infektion raten WILLENEGGER u. LEDERMANN (1970) zu einer allgemeinen, hochdosierten, antibiotischen Therapie, die sich in erster Linie gegen Spitalkeime richtet. Absolute Ruhigstellung und Hochlagern der betroffenen Extremität sind Selbstverständlichkeiten.

Nach Möglichkeit sollte bei infizierten Frakturen immer ein Antibiotogramm angefertigt werden. Es ist Grundlage für die Wahl der geeigneten

Antibiotica (WICKSTROM u. CORBAN 1967).

12. Allgemeine Thrombose- und Pneumonieprophylaxe

In der 1. Woche nach der Operation ist im Rahmen der allgemeinen Krankengymnastik eine systematische Thrombose- und Pneumonieprophylaxe durchzuführen (HACKETHAL 1961). Besteht ernsthaft die Gefahr thrombembolischer Komplikationen, so sollen schon am Operationstag Antikoagulantien gegeben werden (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

13. Passive Bewegungstherapie

Die operative Frakturbehandlung verringert die Häufigkeit und Schwere von Weichteilschäden massiv, wenn frühzeitig mit Bewegungsübungen begonnen wird. Diese sind Bestandteil der funktionellen Nachbehandlung und ermöglichen eine rasche Heilung (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; RUSH u. GELBKE 1957; B. G. WEBER 1966).

Zuerst helfen passive Bewegungen dem Patienten, Vertrauen in die verletzte Extremität zu gewinnen. Passive Bewegungen sind somit ein wichtiges

psychologisches Moment in der funktionellen Nachbehandlung (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b und B. G. WEBER 1966).

14. Aktive Bewegungstherapie

An die passiven schließen sich unter Vermeidung von Schmerzen aktive Übungen an (KÜNTSCHER u. MAATZ 1945; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; B. G. WEBER 1966). Da sie selbständige Übungen sind, bedingen sie Einsicht und Mitarbeit von Seiten des Patienten (KUNER u. WELLER 1969; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 a; REHN 1970).

Die aktiven Übungen setzen sich aus Bewegungs- und Belastungs-, Widerstands- und Zirkulationsübungen zusammen, welche systematisch durchgeführt werden (HACKETHAL 1961). Zu warnen ist vor einer zu frühen Aufnahme von Belastungsübungen, da operativ meist nur Übungsstabilität erreicht worden ist (HACKETHAL 1961 und B. G. WEBER 1966).

Während KUNER u. WELLER (1969) 1 bis 2 Tage nach der Operation mit aktiver Heilgymnastik beginnen,

empfehlen MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER (1963 b), bei markgenagelten oder gelenknahen Frakturen etwa 1 Woche, bei verschraubten oder verplatteten Schaftfrakturen ungefähr 1 Tag zu warten, bevor mit der aktiven funktionellen Nachbehandlung aller Gelenke und Muskeln der verletzten Extremität begonnen wird.

Bei offenen Frakturen läßt man generell 1 Woche bis zum Beginn der aktiven Übungstherapie verstreichen, um latente, tief sitzende Infekte besser erkennen zu können (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

15. Entlasten und Belasten

Auf das Vermeiden jeglicher Belastung der osteosynthetisierten Extremität in der direkt an die Operation anschließenden 1. Phase weisen REHN (1970) und B. G. WEBER (1966) besonders hin. Vorzeitige Belastung kann entweder zu einer Frühlockerung des Osteosynthesematerials, insbesondere von Schrauben führen (WAGNER 1963) oder bei den nur übungsstabil versorgten Frakturen Metallbrüche und Pseudarthrosen verursachen (ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969).

In der 1. Woche nach der Nagelung soll der Patient mit orthopädischen Einlagen versorgt werden, damit in der folgenden Belastungsperiode das Fußgewölbe gestützt wird (HACKETHAL 1961).

Bei Unterschenkelbrüchen ermöglicht es der von ALLGÖWER u. KRAMER zusammen mit der Firma RÖCK entwickelte Gehapparat den Patienten, nach etwa 2 Wochen umherzugehen, ohne die Fraktur zu belasten. Dieser Entlastungsapparat wird angepaßt, wenn die Gelenke aktiv völlig frei bewegt werden können (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

Besonders zu achten ist auf die Dauer der konsequenten Entlastung, wenn der Termin der Materialentfernung nach Schenkelhalsosteosynthesen beurteilt werden soll (LEITZ 1966).

16. Röntgenkontrollen

Zu den Kontrolluntersuchungen im Rahmen der Nachbehandlung gehören auch Röntgenaufnahmen. Es ist besser, wiederholt Bilder zu machen als zu selten (HACKETHAL 1961; KUNER u. WELLER 1969; SCHRAMM 1965). Veränderungen im Röntgenbild wie

Reizcallusbildung, Aufhellungen in der Umgebung der Implantate bedeuten immer eine Störung der Knochenheilung und sind somit ein Gefahrensignal (SCHRAMM 1965).

17. Elektrophorese von Serumeiweiß

Serumeiweißelektrophoresen wollen ISELIN, AFANASSIEFF u. EGAWA (1963) herangezogen wissen, um einen weiteren Parameter zur Beurteilung von Frakturheilungsstörungen zu haben.

Die Elektrophoresen erlauben Aussagen über den Heilverlauf und die Differenzierung zwischen verzögerter Callusbildung und Pseudarthrose bei mangelnder Konsolidierungstendenz. Bei verzögerter Callusbildung mit hyperanabolem Callus besteht keine Operationsindikation. Vielmehr erreichen in diesem Fall ISELIN, AFANASSIEFF u. EGAWA (1963) mit einer katabolen Cortisontherapie eine knöcherne Konsolidierung innerhalb von 3 Wochen. Bei Pseudarthrosen mit hypoanabolem Callus hilft dagegen nur die chirurgische Intervention.

18. SUDECKsche Dystrophie

Schmerzen müssen unter allen Umständen vermieden werden. Sie vergrößern die Gefahr der SUDECKschen Dystrophie (HELLNER 1967 a). Gegebenenfalls ist eine medikamentöse, schmerzlindernde Behandlung angezeigt (ECONOMOU 1972).

Bei Osteoporose oder bestehender SUDECKscher Dystrophie normalisieren Geschlechtshormone (Testicomb) den gestörten Mineralstoffwechsel, verkürzen die Behandlungszeit und reduzieren somit die Arbeitsunfähigkeit, wie ZEDLITZ (1966) in einer vergleichenden Untersuchung zeigen konnte.

19. Bäder und Massagen, Wärme und Bestrahlungen

Während KÜNTSCHER u. MAATZ (1945 !) die Anwendung von Heizbügeln und Bädern bei der Marknagelung ausdrücklich anraten, wird in der neueren Literatur vor Massagen, auch Unterwassermassagen, gewaltsamen Übungen, die die Schmerzgrenze überschreiten, Wärmeanwendung und Kurzwellenbestrahlung gewarnt (HACKETHAL 1961; KUNER u. WELLER 1969; SCHRAMM 1965).

Bestrahlung und Wärme rufen schwerste Verbrennungsschäden in der Umgebung des Metalls hervor, die bis zur Knochennekrose reichen können. Sie sind daher abzulehnen (LEITZ 1968). Dagegen sind Reinigungsvollbäder nach abgeschlossener Wundheilung, die in der Regel nach etwa 3 Wochen erreicht ist, gestattet (KUNER u. WELLER 1969).

III. Komplikationen von seiten des Knochens

1. Elastizitätsverlust und Spongiosierung der Corticalis

a. Indikation zur Entfernung

Die Implantatentfernung nach Heilung der Fraktur ist nicht so sehr wegen der Korrosionsgefahr notwendig, sondern in erster Linie wegen der Verminderung der Knochenelastizität (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1969). Geringer beanspruchte Corticalis spongiosiert und ist nicht mehr voll belastbar. Die belastungsabhängige Versprödung im Bereich von Druckplatten stellt somit eine Entfernungsindikation dar (REHN u. HIERHOLZER 1971).

b. Gefährdung gerade der unteren Extremität

Die Spongiosierung der Corticalis tritt nirgends so stark in Erscheinung wie am Femur (ALLGÖWER 1967). Die untere Extremität ist diesbezüglich also ganz besonders gefährdet (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1969).

c. Ausgeprägte Dynamik des Knochengewebes

Der Knochen ist weit weniger inert, als allgemein angenommen wird. Auch die Knochencorticalis stellt vielmehr ein sehr dynamisches Gebilde dar (ALLGÖWER 1967). In Sekundenschnelle reagiert sie auf Stress mit elektrischen Phänomenen, denen vermutlich physiologischer Signalcharakter zukommt (ALLGÖWER 1967). Auf verschiedene mechanische Reize antwortet die Corticalis relativ rasch mit Umbauvorgängen und meßbaren Druckänderungen (ALLGÖWER 1967 und WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

d. Histologie und Röntgenologie

Die dominierende Osteoclastentätigkeit, die zu einer Umwandlung des Knochengewebes im Sinne einer großlakunären Veränderung führt, ist histologischer Ausdruck der Spongiosierung der Corticalis (ALLGÖWER 1967; H. G. WEBER, KAESSMANN u. HOPF 1970; WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971). Zu einer primären Knochenheilung gehört der forcierte HAVERSsche Umbau der unter Druck stehenden Knochenfragmente. Röntgenologisch bedeutet das eine Verminderung der Corticalisdichte,

mechanisch einen Verlust an Festigkeit (ALLGÖ-
WER 1967; KÜNTSCHER 1970; WILLENEGGER, PERREN
u. SCHENK 1971).

e. Ursachen

Als Ursache der Spongiosierung kommen mehrere
Faktoren in Betracht.

e1. Der postoperativen Knochenfreilegung folgt
eine traumatische Entzündung mit all ihren Wir-
kungen auf den Metabolismus des Knochengewebes
(KÜNTSCHER 1962; KÜNTSCHER 1970; H. G. WEBER,
KAESSMANN u. HOPF 1970).

e2. Das Anlegen von Bohrlöchern schädigt direkt
die Knochenmechanik (KÜNTSCHER 1962; KÜNTSCHER
1970; H. G. WEBER, KAESSMANN u. HOPF 1970).

e3. Durch die einseitige Schienung des Knochens
bei einer Plattenosteosynthese wird die Biome-
chanik des Knochens gestört. Besonders die Än-
derungen des Kraftflusses verhindern, daß der
Knochen in allen Teilgebieten den normalen,
physiologischen Reizen ausgesetzt ist (ALLGÖWER
1967; KÜNTSCHER 1970; REHN u. HIERHOLZER 1971;
H. G. WEBER, KAESSMANN u. HOPF 1970).

f. Gefahren

Durch die Schwächung des Knochens kann es dann leicht zu einer Refraktur kommen (ALLGÖWER 1967 und KÜNTSCHER 1970). Meist sind es Plattenendbrüche, da wegen der Kraftumlenkung an den Plattenenden Spannungsspitzen auftreten (REHN u. HIERHOLZER 1971).

g. Doppelplattenosteosynthese

Die Corticalis benötigt Zeit zu ihrer Ausreifung (ALLGÖWER 1967). Doppelplatten sollen daher niemals gleichzeitig entfernt werden; denn es käme ganz besonders leicht zu einer Ermüdungsfraktur (WILLENEGGER, PERREN u. SCHENK 1971).

h. Marknagelung

Wenn immer es möglich ist, sollte aus diesen Gründen die intramedulläre Stabilisierung angestrebt werden (ALLGÖWER 1967; KÜNTSCHER 1970; H. G. WEBER, KAESMANN u. HOPF 1970).

2. Knochendystrophie (SUDECK), Osteoporose

a. Frühmobilisierung ohne Schmerzen

Die SUDECKsche Dystrophie mit ihren 3 Stadien tritt im Gegensatz zur konservativen Knochenbruchbehandlung bei der Osteosynthese weitaus weniger häufig auf und wenn, dann in abgeschwächten Formen, welche kaum Beschwerden machen. Diese erfreuliche Tatsache ist der frühen Mobilisierung der Funktionen der operativ versorgten Extremität zuzuschreiben (KÜNTSCHER 1962 und WIESER u. ALLGÖWER 1962)!

Dabei sind Schmerzen zu vermeiden, da sie bei der Entstehung der SUDECKschen Dystrophie eine entscheidende ursächliche Rolle (reaktive Knochenatrophie) spielen (HELLNER 1967 a).

b. Medikamentöse Therapie

Durch Geschlechtshormone (Testicomb) lassen sich Behandlungsdauer und Arbeitsunfähigkeit bei SUDECKscher Dystrophie verkürzen. Dies konnte ZEDLITZ (1966) in einer vergleichenden Studie zeigen.

3. Nekrosen

a. Nekrose der Fragmentenden

Fragmentendnekrosen lassen sich nur im Bereich der Callusbildung nachweisen. In Zonen primärer Ossifikation fehlen sie (WAGNER 1963).

b. Aseptische Hüftkopfnekrose

Infolge einer Störung der Blutzufuhr kommt es zu einer totalen oder teilweisen aseptischen, avasculären Hüftkopfnekrose. Sie zählt zu den folgenschweren Komplikationen nach Hüftverletzungen und tritt häufig auf (HIPP 1970). In 20 bis 30 % aller Schenkelhalsfrakturen läßt sich klinisch eine Kopfnekrose nachweisen. Dieser Prozentsatz ist unabhängig von den gewählten Behandlungsverfahren (HELLNER 1967 b und LEITZ 1966). Die Entstehung einer Hüftkopfnekrose wirkt sich auf die Knochenheilung nicht störend aus. Auch nach termingerechter Heilung kann es noch zu Nekrosen des Caput femoris kommen (LEITZ 1966).

Eine Hüftkopfnekrose führt infolge der Zerstörung der Gelenkflächen des Hüftgelenks zu einer schwe-

ren Arthrosis deformans. Die Beweglichkeit ist fast aufgehoben. Die Beschwerden sind meist erheblich (HELLNER 1967 b).

Daher sind nach der Schenkelhalsnagelung regelmäßige Röntgenkontrollen notwendig. Sintert der Hüftkopf zusammen und verdichtet er sich, besteht Verdacht auf eine beginnende Nekrose (HELLNER 1967 b).

c. Septische Hüftkopfnekrose

Wird eine Nekrose des Caput femoris septisch, so spricht man von einer septischen Hüftkopfnekrose (HIPPE 1970). Sie ist relativ selten. WITT u. KRAUSE (1966) beobachten eine Zunahme von septischen Verlaufsformen mit Nekrose des Hüftkopfes bei osteosynthetisch versorgten Schenkelhalsfrakturen.

d. Maßnahmen

Die Behandlung einer beginnenden Nekrose besteht in konsequenter, langdauernder Entlastung

(HELLNER 1967 b; LEITZ 1966). Bei manifester Hüftkopfnekrose bleibt nur noch eine Arthrodesse oder eine Arthroplastik (Endoprothese) nach Entfernung des Osteosynthesematerials (HELLNER 1967 b).

IV. Komplikationen von seiten des Materials

1. Tumorentstehung

Über die Bildung von Sarkomen im Anschluß an eine Osteosynthese wurde verschiedentlich, wenn auch sehr selten berichtet. Der Nachweis des ursächlichen Zusammenhangs ist naturgemäß schwierig. Da aber sowohl die Tumorentstehung durch ein Trauma als auch im Tierexperiment die chemische Induktion einer Geschwulst durch Implantate nachgewiesen werden kann, ist eine Kausalität denkbar (KNOCH 1966 und KUNER u. WELLER 1968).

In der Praxis spielt die Tumorentstehung durch Osteosynthesematerial keine Rolle; allenfalls ist sie als Indikation zur Metallentfernung aufzufassen.

2. Korrosion

a. Theorie der Korrosion

Die Korrosion der Metalle ist ein elektrochemischer Vorgang, der von selbst abläuft. In anodischen Bereichen löst sich dabei das Metall auf

(BRUSSATIS u. MÜLLER 1963; BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; FRANK 1968; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b). Dabei kommt es zur Ausbildung eines Lokalelementes und damit zu einem Elektronenfluß, der das edle Metall in die stabilere, unedle Stufe überführt, so daß es als Ion in Lösung gehen kann.

Durch eine schützende Passivschicht wird ein korrosionsanfälliges, aktives Metall in einen bezüglich der Korrosion unanfälligeren, passiven Zustand gebracht (Oxydhauttheorie) (BRUSSATIS u. MÜLLER 1963; BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; STRAUMANN, STEINEMANN, POHLER, WILLENEGGER u. SCHENK 1963). Bei den Eisenstählen vom 18/8-Molybdän-Typ wie V4A und AISI 316 besteht diese Passivschicht vorwiegend aus stabilisierenden Chromoxyden.

Ein Maß für die Korrosionsresistenz ist die Höhe des Korrosionspotentials, der anodic back electromotoric force (ABE). Die ABE hat mit der galvanischen Spannungsreihe (Normalpotentiale) nichts gemein. Dagegen gestattet das Korrosionspotential Aussagen über die Gewebeverträglichkeit der je-

weiligen Metalle (BRUSSATIS u. MÜLLER 1963; BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

b. Forderungen an das Implantatmaterial

Die Vermeidung von Metallschäden ist zu einem großen Teil (bis zu 70 %) eine Materialfrage (BRUSSATIS u. MÜLLER 1963; FRANK 1968; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b). Bei einer Überprüfung entsprechen etwa zwei Drittel fabrikneuer Implantate nicht den Anforderungen (FRANK 1968). Es sollten aber nur korrosionsfeste Metalle größter Reinheit und Homogenität Anwendung finden (FRANK 1968; KUNER u. WELLER 1968; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

Das ideale Material gibt es nicht; für die Praxis ist zwischen mechanischer Festigkeit, Korrosionsresistenz, Gewebeverträglichkeit, Bearbeitbarkeit und Wirtschaftlichkeit ein Kompromiß zu schließen (BRUSSATIS u. MÜLLER 1963; BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; KNOCH 1966; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

c. AISI-316-Stahl

Die AO-Implantate sind aus AISI-316-Stahl gefertigt. Ihre Oberfläche wird mechanisch und elektrolytisch poliert. Die klinische Korrosionsbeständigkeit ist sehr gut bis gut. Sie hängt ab von der Reinheit und Gefügegenmäßigkeit der Legierung. Allerdings ist bei diesem Stahl die Lochfraßanfälligkeit erhöht. Es ist keine Toxizität nachweisbar.

AISI-316-Stahl ist ein eisenhaltiger, austenitischer, rostfreier Stahl vom 18/8-Molybdän-Typ. Nach amerikanischer Norm enthält er folgende Legierungsteile.

Chrom	16,5	-	18,5	%
Nickel	10,5	-	13,5	%
Molybdän	2,0	-	2,5	%
Mangan	$\leq$ 2			%
Silicium	$\leq$ 1			%
Kohlenstoff	$\leq$ 0,07			%
Eisen	Rest			

Die Magnetisierbarkeit muß $\leq 1,05$ GAUSS/OERSTED sein. Seine statische Festigkeit (Streckgrenze) beträgt etwa 100 bis 120 kp/mm², und er besitzt auch eine höhere dynamische Festigkeit als

Vitallium. Während Vitallium aber nur gegossen werden kann, ist AISI-316-Stahl leichter zu bearbeiten, ja dieser kann sogar gefräst werden.

AISI-316-Stahl ist unter Berücksichtigung von mechanischer Festigkeit, Korrosionsresistenz, Gewebeverträglichkeit, Bearbeitbarkeit und Wirtschaftlichkeit das zur Zeit beste Metall für Osteosyntheszwecke (BRUSSATIS u. MÜLLER 1963; BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; FRANK 1968; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; SEYFARTH 1969; STRAUMANN, STEINEMANN, POHLER, WILLENEGGER u. SCHENK 1963).

d. Korrosionsursachen

BRUSSATIS u. MÜLLER (1963), BRUSSATIS u. NONHOFF (1967), MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER (1963 b) und SCHNABELMAIER u. BLÜML (1965) beschäftigen sich eingehend mit den Ursachen, die zu einer Korrosion führen. FRANK (1968) und STRAUMANN, STEINEMANN, POHLER, WILLENEGGER u. SCHENK (1963) liefern Ergänzungen.

d1. Endogene Faktoren

1. Verwendung von unedlem Metall
2. Instabilität der Passivschicht auf der Oberfläche des Metalls
3. Materialfehler und -mängel (anodische Zerstörung des Metalls)
 - a. Inhomogenität des Metallgefüges
 - b. Unterschiede in der Kristallstruktur
 - c. Zu hohe Magnetisierbarkeit (größer als 1,05 GAUSS/OERSTED)
 - d. Nichtmetallische Einschlüsse
 - e. Lunker (= Hohlräume im Metall)
4. Entstehung lokal begrenzter Störungen
 - a. Verformtes Metall, z. B. Deformierung beim Einsetzen des Implantats
 - b. Kontakt unterschiedlicher Metalle (galvanische Korrosion), z. B. Verbindung von Vitallium und eisenhaltigem Stahl
 - c. Metalltransfer (galvanische Korrosion), z. B. durch ungeeignetes Werkzeug, vorwiegend vom weichen zum festeren Material

d2. Exogene Faktoren

1. Ungünstige mechanische Beanspruchung
2. Zeitliche und/oder örtliche Inhomogenität des das Metall umgebenden Gewebesaftes
 - a. Wechselndes pH
 - b. pO_2 - und/oder pCO_2 -Änderungen (Sauerstoffkorrosion = Autokorrosion)
 - c. Elektrolytkonzentrationsgefälle (Wasserstoffkorrosion oder galvanische Korrosion)

e. Formen der Korrosion

Vielfach sind die verschiedenen Korrosionsformen bezüglich ihrer Entstehung und Bedeutung noch ungeklärt. Von BRUSSATIS u. NONHOFF (1967), ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER (1969), MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER (1963 b), SCHNABELMAIER u. BLÜML (1965) und STRAUMANN, STEINEMANN, POHLER, WILLENEGGER u. SCHENK (1963) übernehme ich die wichtigsten Korrosionstypen.

e1. Spaltkorrosion

Spaltkorrosion ist eine Form lokaler Korrosion. Verbleibt zwischen zwei Metallen ein feiner Spalt,

stagniert dort der Elektrolytfluß der Gewebeflüßigkeit und sinkt die O_2 -Spannung.

e2. Kontaktkorrosion = Face Corrosion

Sie findet an den Berührungsstellen zweier gleicher Metalle statt.

e3. Reibkorrosion

Reiben zwei Metalle gleicher Art, welche instabil miteinander verbunden sind, aneinander, so kommt es an den Reibungspunkten zur Korrosion.

Spalt-, Kontakt- und Reibkorrosion lassen sich nicht verhindern und kommen sehr häufig vor.

e4. Lochfraß

Lochfraß ist eine spezifische Eigenschaft rostfreien Stahls. Die Passivschicht bricht spontan in submikroskopischer Größe zusammen, verhindert aber eine oberflächliche Ausbreitung der Redoxvorgänge. Die Metallveränderungen schreiten in die Tiefe fort. Darüber regeneriert die Oxydhaut wieder, während sich die Korrosion darunter un-

sichtbar und stetig ausbreitet.

e5. Spannungsrißkorrosion

e6. Ermüdungsrißkorrosion

Überschreiten statische Kräfte die durch Korrosion herabgesetzte Elastizitätsgrenze, tritt eine Spannungsriß- oder Ermüdungsrißkorrosion (diese wegen Gefügeänderungen der Kristallstruktur) ein. Plötzlich und unerwartet kommt es zum Gewaltbruch.

e7. Schwingungsrißkorrosion

Eine instabile Osteosynthese ermöglicht Schwingungen und Vorspannung des Metalls. In ungünstigen Fällen führt die Kombination von diesen physikalisch-chemischen Faktoren der Korrosion mit wiederholter schwingender (dynamischer) Belastung zu Schwingungsrißkorrosionen, während statische Kräfte bei den selben Voraussetzungen eine Spannungsrißkorrosion begünstigen.

e8. Flächenkorrosion

Flächenkorrosion entsteht durch ausgedehnte Zerstörung der Passivschicht.

e9. Transferkorrosion

Die Übertragung von kleinsten Metallteilchen überwiegend von weichem auf hartes Material läßt sich vermeiden oder zumindest in Grenzen halten, wenn entsprechendes Instrumentarium zum Arbeiten verwendet wird (Schraubenzieher, Schraubenschlüssel).

f. Zerstörung der Funktion des Implantats

Bei Korrosion kann sich das Metall lockern, so daß es nicht mehr stabilisieren kann. Außerdem wird die Belastungsfähigkeit des Materials geringer, bis es gegebenenfalls unter den einwirkenden Kräften bricht (BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; SCHNABELMAIER u. BLÜML 1965; STRAUMANN, STEINEMANN, POHLER, WILLENEGGER u. SCHENK 1963).

3. Metallose

a. Definition

Eine Metallose äußert sich lokal in inter- und intracellulären Ablagerungen von festen Zerfallsprodukten eines Metalls im Gewebe (Imprägnation) und in der Störung der Zellvitalität in erster Linie durch lösliche Zerfallsprodukte (BRUSSATIS u. MÜLLER 1963; BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; CONTZEN 1970; HACKETHAL 1961; KNOCH 1966; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; SCHNABELMAIER u. BLÜML 1965; STRAUMANN, STEINEMANN, POHLER, WILLENEGGER u. SCHENK 1963). Zu beobachten sind osteolytische Veränderungen von der reversiblen Osteoporose bis hin zur Knochenatrophie, reaktive Wucherungen, z. B. Reaktionen von seiten des Periostes oder auch entzündliche Gewebsreaktionen mit Granulationsgewebebildung, Cystenbildungen und ähnliche Vorgänge (BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; HACKETHAL 1961; KÜNTSCHER 1962; SCHNABELMAIER u. BLÜML 1965; SEYFARTH 1969).

b. Voraussetzungen

Voraussetzung zur Entstehung einer Metallose ist

die Korrosion des implantierten Metalls (STRAUMANN, STEINEMANN, POHLER, WILLENEGGER u. SCHENK 1963). Bei Untersuchungen von entnommenem Material finden sich sehr häufig, manchmal fast ausnahmslos Korrosionen. Dabei steigt mit der Verweildauer die Korrosionsrate und -stärke an. (BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; SCHNABELMAIER u. BLÜML 1965; TSCHERNE 1969).

c. Stärke und Toxizität der Gewebeamprägung

Die resultierende Metallose ist aber durchwegs so gering, daß der Organismus die Korrosion genügend passiver, legierter Stähle toleriert, ohne Schaden zu nehmen.

Bei Verwendung von V2A- oder V4A-Stahl, welcher ungefähr dem amerikanischen AISI-316-Stahl entspricht, zeigen sich makroskopisch keine chemisch bedingten Veränderungen des Gewebes. Auch histologisch erweist sich V4A-Stahl als verträglich. Dagegen führen Gegenstände aus stark rostendem Eisen, Aluminium, Magnesium und auch Schwefel, wenn sie in die Markhöhle eingebracht werden, ebenso wie Crotonölinjektionen zu einer heftigen, entzündlichen Reaktion im Sinne einer Callus-

bildung und einer abakteriellen, chemischen Osteomyelitis. Eine wachstumsschädigende Wirkung der löslichen Salze der Metalle Kobalt und Nickel, auf deren Cytotoxizität im Schrifttum hingewiesen wird, kann experimentell und empirisch ausgeschlossen werden, da anscheinend die erreichten Konzentrationen zu niedrig sind (BRUSSATIS u. MÜLLER 1963; BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; CONTZEN 1970; HACKETHAL 1961; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; STRAUMANN, STEINEMANN, POHLER, WILLENEGGER u. SCHENK 1963).

BRUSSATIS u. NONHOFF (1967) haben hervor, daß bei einer Untersuchung entnommener Implantate eine Materialentfernung wegen eines Korrosionsschadens in keinem Fall erforderlich war. Die Knochenheilung wird nicht nachteilig beeinflußt und erfolgt ohne Verzögerung (ALLGÖWER 1967; BRUSSATIS u. MÜLLER 1963; BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; KÜNTSCHER 1962; STRAUMANN, STEINEMANN, POHLER, WILLENEGGER u. SCHENK 1963). Ein biomechanisch richtig eingesetzter Fremdkörper führt trotz Korrosion und Metallose zu einer einwandfreien Frakturheilung (BRUSSATIS u. MÜLLER 1963; BRUSSATIS u. NONHOFF 1967; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; WAGNER 1963; Verhandlungs-

leiter in der Aussprache nach WAGNER 1963).

d. Indikation zur Metallentfernung

Wegen des Lochfraßes ist eine Implantatentnahme nach 2 bis 5 Jahren durchzuführen (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

Vom Auftreten von Knochencysten mit glasigem Granulationsgewebe als entzündliche Reaktion auf den Metallfremdkörper berichtet SEYFARTH (1969).

Eine Materialentfernung nach der Konsolidierung wegen Metallose wird allgemein empfohlen (HACKETHAL 1961; KNOCH 1966; KUNER u. WELLER 1968; SEYFARTH 1969).

Die Implantate sollen nicht wiederverwendet werden (KUNER u. WELLER 1968 und MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

4. Materiallockerung, -wanderung, -verformung und -bruch

a. Nagelwanderung

Nagelwanderungen sind außerordentlich selten (KÜNTSCHER 1962). Im Laufe der Wochen lockert sich als Folge der Knochenresorption der Nagel in der Markhöhle (KÜNTSCHER u. MAATZ 1945). Ursache für eine Nagelwanderung sowohl nach Marknagelung als auch nach Markpinnung sind Spannungsdruck, Schwerkraft und der Hubmechanismus bei Biegebewegungen (HACKETHAL 1961). Nagelwanderungen weisen auf zu dünne Nägel oder auf eine Störung der Frakturheilung hin (KÜNTSCHER 1962).

Ein gewanderter Nagel, welcher benachbarte Gelenke oder das Kopfende bedeckende Weichteile bedroht (innerer Hautdecubitus) oder der eine sekundäre Instabilität ermöglicht, wird in der Regel gekürzt oder entfernt (HACKETHAL 1961; KÜNTSCHER 1962; KÜNTSCHER u. MAATZ 1945).

b. Nagelverformung

Ein geknickter Nagel stabilisiert nicht mehr

und stellt im allgemeinen eine Indikation für eine Entfernung dar (KÜNTSCHER 1962; KÜNTSCHER u. MAATZ 1945; REHN u. HIERHOLZER 1971).

c. Häufigkeit der Materialbrüche

Materialbrüche sind selten. BRISKIN (1964) nennt einen Durchschnittswert von 2,5 % für alle Osteosynthesen seiner Untersuchung, während ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER (1969) aufschlüsseln.

Laschennagelung pertrochanterer Frakturen	0,4 %
Genagelte Hüftgelenksarthrodesen	0,5 %
RUSHpinnung	1,3 %
KÜNTSCHER-Nagelung	1,0 %

Relativ am häufigsten bricht der Nagel im Femur (BRISKIN 1964), wenn man von den Brüchen der Cerclagen absieht, die meist zu fest angezogen sind (ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969).

d. Ursachen für Metallbrüche

d1. Reine Korrosion ohne mechanische Faktoren

Spaltkorrosionen können das Auftreten von Anrissen begünstigen. Auch endogene Korrosion kommt

als Ursache von Materialbrüchen in Frage. Ebenso ermöglicht die Kaltverformung des Metalls beim Einsetzen des Implantats eine Korrosion, die wiederum einen Materialbruch begünstigt (BRISKIN 1964; ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969; REHN u. HIERHOLZER 1971; SCHUSTER 1970).

d2. Krafteinwirkung

Als wichtigster Faktor, der Metallfrakturen verursacht, sind technisch mangelhafte Osteosynthesen anzuführen (ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969; REHN u. HIERHOLZER 1971; SCHUSTER 1970). Fehlstellungen und Instabilität infolge schlechter Reposition bewirken die meisten Materialbrüche. Dazu kommt es meist über eine Schwingungsriß- oder Spannungsrißkorrosion oder auch über einen Dauerschwingbruch. Dieser entsteht, wenn eine schwingende Beanspruchung (dynamische Kraft) die Festigkeitsgrenze des Metalls überschreitet. Nach oberflächlichen Anrissen im Bereich von Spannungs- und Biegungsspitzen erfolgt plötzlich der verformungslose Bruch (SCHUSTER 1970).

Da RUSHpins und Nägel zumeist sowieso nicht ausreichend stabilisieren, neigen sie ganz besonders

zur Schwingungskorrosion mit konsekutiver Materialfraktur (ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969). KÜNTSCHER (1962) lehnt dies ab. Er behauptet, daß allein der zu dünn gewählte Nagel einen Nagelbruch nach sich ziehen könne.

Kerbstellen sind Prädilektionsorte für Materialbrüche. Die Brüchigkeit (Sprödigkeit) eines Stahls steigt mit seiner Härte (BRISKIN 1964).

d3. Schwingungsriß- und Spannungsrißkorrosion

In diese Kategorie gehören mechanisch gesehen der Ermüdungsbruch infolge Materialermüdung und der sogenannte Dauerbruch, der nach andauernder statischer Belastung durch Materialverformung eintritt (BRISKIN 1964; ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969; KÜNTSCHER 1962; SCHUSTER 1970). Unter diesen Voraussetzungen können Behandlungsfehler wie z. B. eine vorzeitige Belastung (REHN u. HIERHOLZER 1971) oder lapidare Gewalteinwirkungen (Stoß, Fall) einen Materialbruch verursachen (ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969).

e. Maßnahmen zur Verhütung eines Materialbruches

Bei der Versorgung der Fraktur muß genau reponiert und optimal stabilisiert werden. Ist die Osteosynthese instabil, darf nicht belastet werden. Wenn nach Marknagelung noch Achsenknickungen oder Rotation möglich sind, ist sogar ein Gipsverband anzulegen. Bei Materialbruch besteht Pseudarthrosegefahr (ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969; KÜNTSCHER u. MAATZ 1945).

f. Entfernungsindikation

Nach Materialbruch ist ebenso wie nach Nagelwanderung oder -verbiegung eine Entfernung im allgemeinen angezeigt (BRISKIN 1964; ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969; KÜNTSCHER 1962; KÜNTSCHER u. MAATZ 1945; REHN u. HIERHOLZER 1971). Daran schließt sich entweder gleichzeitig oder nach kurzer Zeit eine gut konzipierte, stabile Reosteosynthese an (ELMENDORFF, SIMMERT u. HUPFAUER 1969; KÜNTSCHER 1962; KÜNTSCHER u. MAATZ 1945; REHN u. HIERHOLZER 1971). Wegen der Blutversorgung wählt man in der Regel dieselbe Methode wie bei der Erstosteosynthese.

V. Pseudarthrosen

1. Dislokationen, Refrakturen und Plattenendbrüche

Die Refraktur stellt ein schweres Problem in der operativen Knochenchirurgie dar, das sehr ernst zu nehmen ist (ALLGÖWER 1964).

a. Frühe Refraktur

Die frühe Refraktur in den ersten Wochen post operationem ist Folge von Indikations- oder Behandlungsfehlern wie einer ungenügenden Stabilisierung oder einer zu frühen Belastung. Sie tritt mit einer Häufigkeit von 0 bis 2,7 bis 7 % auf. Zur Verhütung ist auf eine gute, stabile Osteosynthese der Fragmente zu achten (ALLGÖWER 1964).

b. Späte Refraktur

Die späte Refraktur tritt nach Metallentfernung auf. Meist werden dabei Marknägels oder Platten vor Erreichen einer homogenen Struktur der Frakturzone entfernt. Die kritische Beurteilung der homogenen Struktur im Röntgenbild ist bei der primären Knochenheilung nämlich sehr schwierig.

rig. Nicht der Kalender sondern die Struktur der Frakturzone ist für die Materialentfernung entscheidend (ALLGÖWER 1964).

In erster Linie kommen späte Refrakturen aber nach Entfernen von Doppelplatten vor. Es empfiehlt sich daher eine zweizeitige Entfernung und jedesmal eine weitgehende Entlastung der betroffenen Extremität für etwa 2 Monate (ALLGÖWER 1964).

c. Plattenendfraktur als Spröbruch

Verbleibt das Osteosynthesematerial zu lange, so ist ein gehäuftes Auftreten von Frakturen besonders am Femur zu beobachten, die oft von Bagatellen ausgelöst, nach Lokalisation und Ursache aber durch das Metallimplantat bewirkt werden. (KÜNTSCHER 1970 und LEITZ 1968). Diese osteosynthesemittelbedingten Frakturen sind am Ende von Druckplatten lokalisiert, wo durch scharfe Einkerbungen von seiten der Platten große Querschnittsänderungen entstanden sind. Der gestörte Kraftfluß über diesen Querschnitt verändert die innere Spannung des Knochens und dessen Struktur. Der Knochen versprödet. Die Spannungsversprödung erleichtert aber eine Fraktur durch

Schlag- oder Stoßeinwirkung (LEITZ 1968).

Histologisch und röntgenologisch äußert sich die Versprödung als eine Spongiosierung der Corticalis (KÜNTSCHER 1970).

Eine Plattenentfernung sollte ganz besonders an der unteren Extremität nicht mehr auf unbestimmte Zeit aufgeschoben, sondern so früh wie möglich durchgeführt werden. Auf keinen Fall darf aber die Furcht vor einer Plattenendfraktur zu einer unzweckmäßig frühen Metallentfernung verleiten (LEITZ 1968).

Die röntgenologische Abklärung der Festigkeit der Fraktur muß sehr kritisch erfolgen. Die Konsolidierung ist ohnehin durch den Metallschatten schwierig zu beurteilen. Durch äußerste Aufmerksamkeit jedoch läßt sich die Zahl der Frakturen nach Entnahme der Metalle klein halten (LEITZ 1968).

2. Verzögerte Knochenheilung

Bei Störungen der Ossifikation von Frakturen spricht man zunächst von einer verzögerten Hei-

lung und nicht gleich von einer Pseudarthrose. Erst wenn ungefähr 5 Monate verstrichen sind und die Ossifizierungsvorgänge erlahmen, wird die Diagnose Pseudarthrose getroffen (HACKETHAL 1961; HELLNER 1967 a; WELLER 1967).

3. Pseudarthrosen

a. Falschgelenkbildung

Eine Pseudarthrose liegt vor, wenn es nach einem Knochenbruch nicht zu einer knöchernen Verheilung der Fragmente kommt und an der Frakturstelle ein gelenkähnlicher Übergang entsteht (HACKETHAL 1961; HELLNER 1967 a; WELLER 1967). Sie ist Folge einer Knochenheilungsstörung. Eine echte Pseudarthrose läßt sich von einer verzögerten Callusbildung durch Serumeiweißelektrophorese abgrenzen (ISELIN, AFANASSIEFF u. EGAWA 1963).

b. Pseudarthrosenhäufigkeit

Gegenüber konservativer Behandlung finden sich nach Osteosynthesen mehr Pseudarthrosefälle (HACKETHAL 1961). Besonders Unterschenkelquerfrakturen neigen zu Pseudarthrosen (HELLNER 1967 b).

Allgemein beträgt die Pseudarthrosenhäufigkeit operativ versorgter Frakturen nach TSCHERNE (1969) 0,9 %. WICKSTROM u. CORBAN (1967) geben für Femurschaftnagelungen 4,3 % an. KÜNTSCHER (1962) dagegen verneint Pseudarthrosen nach vorschriftsmäßiger Marknagelung (Garantie der knöchernen Heilung).

c. Instabilitätspseudarthrose (hypertrophisch-hyperämische Pseudarthrose)

In der Regel verursacht Instabilität an der Frakturstelle auf Grund instabiler Osteosynthese Unruhe im Frakturbereich. Aber auch Fehler in der Nachbehandlung sind für mechanische Störungen der Knochenheilung verantwortlich zu machen (HACKETHAL 1961; HELLNER 1967 a; HELLNER 1967 b; KÜNTSCHER 1962; REHN u. HIERHOLZER 1971; TSCHERNE 1969; WELLNER 1967).

Röntgenologisch entspricht der Instabilitätspseudarthrose die hypertrophisch-hyperämische Pseudarthrose. Bei ihr setzt immer wieder der Versuch der Durchbauung des Frakturspaltes ein; dieser wird jedoch durch die Unruhe im Ansatz unterbunden (WELLER 1967).

Die Therapie der hypertrophischen Pseudarthrose besteht zuerst einmal in der Ruhigstellung. Dann ist zu prüfen, ob eine Sperrkraft auszuschalten ist (Fibulaosteotomie), Entlastung und Ruhigstellung im Gipsverband genügt oder ob eine erneute, stabile und komprimierende Osteosynthese ohne Entfernung des Pseudarthrosengewebes angezeigt ist. Der Ausheilung nach Frakturosteosynthese dienlich ist eine möglichst frühe, aktive Mobilisierung der Extremität (HELLNER 1967 a; KÜNTSCHER 1962; WELLER 1967).

d. Defektpseudarthrose (atrophisch-anämische Pseudarthrose)

Diastase der unsachgemäß osteosynthetisierten Fragmente, Störungen der Ernährung des Knochens, der Permeabilität der Gefäßwände, der Durchblutung, des Stoffwechsels, des hormonalen Gleichgewichts, Vitaminmangel, Weichteilschäden und -interposition sind einige aus der Palette der Ursachen einer Defektpseudarthrose (HACKETHAL 1961; HELLNER 1967 a; HELLNER 1967 b; KÜNTSCHER 1962; REHN u. HIERHOLZER 1971; TSCHERNE 1969; WELLER 1967).

Röntgenologisch äußert sich die Defektpseudarthrose als atrophisch-anämische Pseudarthrose. Bei ihr fehlt jegliche Tendenz zur Heilung, zu-
meist wegen verminderter Durchblutung (HELLNER 1967 a; WELLER 1967).

Zur Behandlung der Defektpseudarthrose genügt nach Materialentfernung mitunter das Aufbohren der Markhöhle und anschließende Marknagelung. Dabei wird die örtliche Durchblutung angeregt, und das Bohrmehl begünstigt die Knochenheilung (HELLNER 1967 a und WELLER 1967). In der Mehrzahl der Fälle atrophischer Pseudarthrosen ist aber eine autologe Spongiosaplastik notwendig und nützlich (DEBRUNNER u. ČECH 1970; HELLNER 1967 a; WELLER 1967). Es folgt dann für 2 bis 3 Wochen Ruhigstellung, damit die angelagerte Spongiosa einheilen kann. Anschließend wird mit der funktionellen Nachbehandlung begonnen (DEBRUNNER u. ČECH 1970 und WELLER 1967).

e. Infektpseudarthrose

Der Grund für einen Infekt kann in einer Osteosynthese liegen, bei der die Regeln der Asepsis

außer Acht gelassen wurden (HACKETHAL 1961 und WELLER 1967). Aber auch bei strengster Asepsis entstehen Osteomyelitiden, woraus sich Infektpseudarthrosen entwickeln können (HACKETHAL 1961; HELLNER 1967 a; WELLER 1967).

e1. Infektpseudarthrose bei liegendem Material

Bei einer Infektpseudarthrose mit liegendem Material sind grundsätzlich alle Implantate zu belassen, solange sie zur Stabilisierung der Frakturzone beitragen. Hat sich das Material jedoch gelockert, so ist es für die Frakturheilung wertlos, ja sogar nachteilig. Es ist daher zu entfernen (DEBRUNNER u. CECH 1970; KÜNTSCHER 1962; REHN u. HIERHOLZER 1971; WELLER 1967).

Ziel der Behandlung ist es, bei stabilisierendem Material zuerst die Knochenheilung herbeizuführen und dann erst die der Infektion.

Während der ersten Phase dämmt man durch Spüldrainagen, REDON-Saug-Drainagen und gezielter Antibioticaverabreichung die Infektion ein (DEBRUNNER u. CECH 1970; HELLNER 1967 a; REHN u. HIERHOLZER 1971; WELLER 1967). Ist die In-

fektion zurückgegangen, besteht die Möglichkeit, mit Spongiosaploben von der gesunden Hautseite her die Pseudarthrose zu überbrücken. An der Tibia kann auch eine Fibula-pro-Tibia-Operation vorgenommen werden, wie sie bei WELLER (1967) beschrieben wird.

Oberstes Gebot ist Ruhigstellung der Extremität. Meist wird eine knöcherne Ausheilung erreicht, an welche sich nach Materialentnahme die Infektionsbekämpfung anschließt, bis diese gänzlich abgeklungen ist (DEBRUNNER u. CECH 1970; HELLNER 1967 a; WELLER 1967).

e2. Infektpseudarthrose nach Materialentfernung

Anders behandelt werden Infektpseudarthrosen, die nach Materialentfernung eintreten. Hier besteht das Behandlungsziel darin, zuerst die Infektion zum Verschwinden zu bringen. Dann wird nach etwa 1/2 bis 1 Jahr Warten der chirurgische Eingriff zur Beseitigung der Pseudarthrose durchgeführt (KÜNTSCHER 1962; REHN im Rundgespräch nach WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970; WELLER 1967).

Durch stabile Kompressionsosteosynthese mit Anfrischung der Fragmentenden und Spongiosaanlage-
rung oder durch Marknagelung nach Aufbohren ge-
lingt es in der Regel, die nun aller Wahrschein-
lichkeit nach nicht mehr infizierte Pseudarthro-
se zu beseitigen und eine knöcherne Durchbauung
der Frakturzone zu erreichen (KÜNTSCHER 1962
und WELLER 1967).

Mit der Behandlung der Infektpseudarthrose nach
Materialentfernung im Stadium der Infektion mit
dem Fixateur externe haben DEBRUNNER u. CECI
(1970) und HIEBLER u. TSCHERNE (1970) durch-
weg gute Ergebnisse erzielt.

VI. Infektionen

Die Literatur über Wund- und Knocheninfektionen ist unüberschaubar, ist doch die Infektion nach Osteosynthese die schwerste und gefürchtetste Komplikation, die zudem noch relativ häufig auftritt (AHRER, PSENNER u. SCHENNACH 1967; ALLGÖWER 1964; EUFINGER 1970; HACKETHAL 1961; HEGEMANN 1970; HIEBLER u. TSCHERNE 1970; KUNER u. WELLER 1968; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; POUPA 1969; REHM 1965; REHN im Rundgespräch nach WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970; TSCHERNE 1969; WICKSTROM u. CORBAN 1967; WILLENEGGER 1967).

Übersichtliche, umfassende und grundlegende Darstellungen über Wund- und Knocheninfektionen nach Osteosynthesen finden sich beispielsweise bei BUCHNER (1967), EUFINGER (1970), HEGEMANN (1970), HIERHOLZER (1970 b), HIERHOLZER u. REHN (1970), LÜDEKE u. SCHWEIBERER (1970), MODDE (1970), MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER (1963 b), WILLENEGGER (1970), WILLENEGGER u. LEDERMANN (1970).

In dieser Arbeit beschränke ich mich auf Angaben grundlegender Art und auf Hinweise, die für den

Chirurgen interessant und nützlich sind, damit die Knochenbruchbehandlung zu einem erfolgreichen Ende geführt werden kann. In diesem Sinne gehe ich auch nicht näher auf das Problem der Antibioticaanwendung ein.

1. Wundheilungsstörung ohne Knochenbeteiligung

a. Begünstigende Faktoren

Das Angehen einer Infektion wird beeinflusst bzw. hängt ab von der eingebrachten Keimzahl und der Virulenz der Erreger, der allgemeinen Abwehrlage des Organismus, von der Blutversorgung der Umgebung, vom Vorhandensein von Hohlräumen und Hämatomen, von der Anwesenheit eines Fremdkörpers, in diesem Falle eines Metalles, und vom Ausmaß der Nekrosen als Ausdruck der Vitalitätsstörungen (HEGEMANN 1970; HIERHOLZER 1970 b; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; POUPA 1969). Dabei haben Fremdkörper eine andauernde Wirkung, da Abwehrmaßnahmen des Organismus an leblosem Material nicht wirksam werden können.

b. Gefahren durch Infektionen

Die Wundinfektion verhindert nicht die Knochenheilung, zögert sie aber beträchtlich hinaus (KÜNTSCHER 1962 und REHM 1970). Dagegen besteht immer die Gefahr einer Osteomyelitis, die eine besonders folgenschwere Komplikation darstellt (EUFINGER 1970 und HIERHOLZER 1970 b). Deshalb bedürfen Wundheilungsstörungen immer stationärer Überwachung (HIERHOLZER 1970 b und WILLENEGGER 1967).

c. Metallentfernung bei Instabilität der Osteosynthese

Erfüllt das Osteosynthesematerial seine Funktion als Stabilisator nicht mehr, wird es so früh wie möglich entfernt (MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; SCHLACHETZKI 1970; SCHWEIBERER 1970; WICKSTROM u. CORBAN 1967; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970).

d. Belassen des Materials bei Stabilität der Osteosynthese

Ist die Fraktur noch nicht gefestigt, stabili-

siert jedoch das Implantat, so darf es auf keinen Fall vorzeitig entfernt werden, sondern ist unbedingt zu belassen (ECKE 1970; KUNER u. WELLER 1968; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; SCHAUWECKER u. WELLER 1970; SCHLACHETZKI 1970; SCHWEIBERER 1970; WICKSTROM u. CORBAN 1967; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970). Eine Nagelentfernung in einem solchen Fall wäre ein Kunstfehler (KÜNTSCHER 1962).

Es ist auch eine Fibulotomie in Betracht zu ziehen, wenn wegen des Sperrens der Fibula eine Stabilisierung und knöcherne Ausheilung der Tibia nicht zu erwarten ist (WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970).

Ziel ist das Erreichen einer Knochenheilung. Die vom Fremdkörper unterhaltene Infektion versucht man einzudämmen und nach Metallentfernung, die erst nach knöcherner Ausheilung durchgeführt wird, zum Abklingen zu bringen (KUNER u. WELLER 1968; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; WICKSTROM u. CORBAN 1967; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970).

e. Prophylaxe

Die Behandlung der Wundinfektion besteht in erster Linie in einer Prophylaxe. Die begünstigenden Faktoren sind bei der Behandlung auszuschalten; vor allem ist auf strengste Asepsis und optimale Nachbehandlung zu achten (ALLGÖWER 1964; EUFINGER 1970; HEGEMANN 1970; KÜNTSCHER 1962; SCHAUWECKER u. WELLER 1970). Besonderer Aufmerksamkeit bedarf es, um Frühzeichen einer drohenden Infektion, wie Schwellung, Rötung, Temperaturanstieg, erhöhte Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG) und Leukocytose zu erkennen (KÜNTSCHER 1962; REHN im Rundgespräch nach WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970).

f. Behandlung der Wundinfektion

Ziel der Therapie der Wundinfektion muß es sein, diese Komplikation schnell, gut und sicher zu beseitigen (EUFINGER 1970).

f1. Nicht-medikamentöse Maßnahmen

Die infizierte Extremität wird ruhiggestellt,

entlastet und hochgelagert (EUFINGER 1970; HIERHOLZER 1970 b; KÜNTSCHER 1962; SCHWEIBERER 1970; WILLENEGGER 1967; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970). Bei einer pyogenen Wundinfektion (Abszesse, Phlegmonen) ist das Eröffnen der infizierten Wunde zur Eiterentleerung gemäß *ubi pus, ibi evacua* durchzuführen (EUFINGER 1970; HIERHOLZER 1970 b; KÜNTSCHER 1962; SCHWEIBERER 1970; WILLENEGGER 1967; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970). Nach Abklingen der Infektion sind zur Deckung der Wunden unter Umständen Hauttransplantationen erforderlich (WILLENEGGER 1967).

Angefügt sei, daß AHRER, PSENNER u. SCHENNACH (1967) von 2 Amputationen nach Infektion markgenagelter Oberschenkelfrakturen berichten, die aber nicht der Methode zur Last gelegt werden können.

f2. Chemotherapie

Antibioticaverabreichungen sollen nur bei drohender und manifester Infektion, nicht etwa routinemäßig prophylaktisch bei allen sogenannten sauberen Operationen erfolgen (HEGEMANN 1970; HIERHOLZER 1970 b; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLEN-

EGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; B. G. WEBER 1966; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970). Eine frühzeitige Antibioticaprophylaxe mit Breitbandantibiotica halten dagegen WYSOCKI, JUNG-BLUTH u. GRUSS (1970) zur Senkung der Infektionsrate für nützlich; bei offener Nagelung hält sie KÜNTSCHER (1962) für unerlässlich.

Eine Infektion soll mit möglichst bactericid wirkenden Chemotherapeutica bekämpft werden (HEGEMANN 1970; KUNER u. WELLER 1968; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970). Diese sind sehr hoch zu dosieren. Bei der Wahl der Mittel geht man - wenn möglich - von einem Antibiogramm aus und achtet besonders auf Resistenzen und Kreuzresistenzen (EUFINGER 1970; HEGEMANN 1970; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b).

Neben der antibiotischen Therapie über den Blutweg hat sich die ergänzende lokale Anwendung von Antibiotica bewährt (EUFINGER 1970; HACKETHAL 1961; HEGEMANN 1970; HIERHOLZER 1970 b; KUNER u. WELLER 1968; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER,

ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; SCHWEIBERER 1970; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970).

f3. Spüldrainage nach WILLENEGGER

Die antibiotisch-mechanische, lokale, offene oder geschlossene Spüldrainage nach WILLENEGGER ist ein hervorragendes Mittel zur Bekämpfung von Wundinfektionen und sollte daher stets installiert werden (EUFINGER 1970; HACKETHAL 1961; HEGEMANN 1970; HIERHOLZER 1970 b; KUNER u. WELLER 1968; KÜNTSCHER 1962; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; REHN u. HIERHOLZER 1971; SCHWEIBERER 1970; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970; WILLENEGGER, LEDERMANN, WAHL u. PLAASS 1970).

Sie wirkt in zweifacher Hinsicht. Einmal führt der Antibioticumzusatz zu einer chemischen Bekämpfung der Erreger, zum anderen die mechanische Ausschwemmung zu einer Säuberung der Wundflächen und damit Verbesserung der Wundverhältnisse (WILLENEGGER, LEDERMANN, WAHL u. PLAASS 1970).

2. Posttraumatische Osteomyelitis

Da in der Regel der Osteomyelitis nach operativer Frakturversorgung eine Wundinfektion vorausgeht, behandeln die meisten Autoren (z. B.: EUFINGER 1970; HEGEMANN 1970; HIERHOLZER 1970 b; MÜLLER, ALLGÖWER u. WILLENEGGER 1963 b; PLAUE 1970; WILLENEGGER 1967; WILLENEGGER 1970; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970) die Wundinfektion und die posttraumatische Knocheninfektion im Zusammenhang, vielfach sogar als Einheit.

Eine besonders eingehende, gründliche und kritische Darstellung zur posttraumatischen Osteomyelitis findet sich in dem von HIERHOLZER u. REHN unter Mitarbeit von LINZENMEIER u. MITTELMEIER 1970 im Schattauer Verlag, Stuttgart, New York als Vielmännerbuch herausgegebenen Verhandlungsbericht "Die posttraumatische Osteomyelitis". Das internationale Symposium dazu fand am 6. und 7. November 1969 in Bochum statt.

Alle Punkte, welche unter 1. Wundinfektion angeführt sind, insbesondere die Aussagen zur Behandlung (1e. und 1f.) und zur Frage der Metallentfernung oder -belassung (1c. und 1d.), tref-

fen sinngemäß auch für die Knocheninfektion nach Osteosynthese zu. Eine Wiederholung halte ich nicht für angebracht. Es sind aber noch einige Besonderheiten zu beachten.

a. Häufigkeit und Lokalisation

Die endogene Osteomyelitis ist außerordentlich selten geworden (MITTELMEIER 1970). Wegen der Zunahme der operativen Frakturbehandlungen hat das Problem der posttraumatischen Osteomyelitis an Bedeutung gewonnen (HACKETHAL 1961; KUNER u. WELLER 1968; MITTELMEIER 1970; REHM 1970; REHN im Rundgespräch nach WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970; SCHWEIBERER 1970). Osteomyelitiden nach Osteosynthesen sind relativ häufig am Femur oder an der Tibia lokalisiert (AHRER, PSENNER u. SCHENNACH 1967 und MITTELMEIER 1970).

b. Terminologie

Röntgenologisch und klinisch ist eine Unterscheidung der Knocheninfektionen in Ostitis oder Osteitis und Osteomyelitis erwünscht (HIERHOLZER 1970 a; PLAUE 1970; WILLENEGGER 1970). Auch die Pathologie strebt eine neue Nomenklatur der

Knochenentzündungen an (HIERHOLZER 1970 a).

Osteitis oder Ostitis sollen die besondere Verlaufsform der akuten posttraumatischen Knochenentzündung gegenüber der akuten oder chronischen (hämatogenen) Osteomyelitis abgrenzen (HIERHOLZER 1970 a). Der Terminus Osteomyelitis soll für die altbekannte, chronisch-eitrige Knocheninfektion mit Sequesterbildung und Totenladenenstehung weiter verwendet werden (HIERHOLZER 1970 a; PLAUE 1970; WILLENEGGER 1970). Die Begriffe Ostitis oder Osteitis dürfen dabei auf keinen Fall als Beschönigung verstanden werden (HIERHOLZER 1970 a).

REHN (im Rundgespräch nach WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970) lehnt dagegen den Begriff Ostitis für eine Knochenentzündung ab. Er will ihn als sklerosierende Knochenveränderung verstanden sehen und für alle entzündlichen Knochenreaktionen bei der alten Bezeichnung Osteomyelitis bleiben.

Es besteht eine beträchtliche Sprachverwirrung.

c. Formen von Knochenentzündungen

Eine abakterielle, chemische Osteitis kann durch eine Metallose hervorgerufen werden (CONTZEN 1970).

Auf die Bedeutung der Prädilektionsstellen für die Entstehung einer Bohrlochosteomyelitis weist PLAUE (1970) hin.

Eine andere Form der Knocheninfektionen mit besonderer Neigung zur Sequesterbildung ist die Markphlegmone nach intramedullärer Osteosynthese (PLAUE 1970 und REHM 1970). Auch nach Frakturversorgung mit Drahtcerclagen sequestriert der infizierte Knochen infolge periostaler und intraossärer Durchblutungsstörungen häufig (PLAUE 1970). Selten findet man dagegen eine Sequestrierung bei Plattenosteosynthesen (PLAUE 1970).

d. Komplikationen durch Osteomyelitiden

Die Komplikationen, die aus Knocheninfektionen resultieren, sind in der Regel weitaus folgenschwerer als die von Weichteilinfektionen ohne Knochenbeteiligung. MITTELMEIER (1970) und MOD-

DE (1970) berichten von Todesfällen, Amputationen, Pseudarthrosen, erheblichen Gliedmaßenverkürzungen und schweren Achsenfehlern. Auf die wirtschaftlichen Belastungen weist MITTELMEIER (1970) hin.

e. Osteoarthritis

Das Übergreifen von Infektionen auf Gelenke ist besonders gefürchtet (WILLENEGGER 1970). Besonders ungünstig sind die Verhältnisse am Sprunggelenk, wo trotz aller Bemühungen fast ausnahmslos eine Versteifung das Endresultat ist (BUCHNER 1967; B. WEBER in der Aussprache nach BUCHNER 1967; WILLENEGGER 1967; WILLENEGGER 1970).

Schwer zu beherrschen ist auch die septische Form der Hüftkopfnekrose. Sie führt meist zum folgenschweren Verlust des Hüftgelenkes und rezidivierenden Hüftgelenksinfekten (HIPPE 1970).

f. Heilung der Osteomyelitis

Da noch nach einem freien Intervall von Jahrzehnten Rezidive auftreten können, spricht man bei der Osteomyelitis besser von einem Abklin-

gen des Prozesses als von einer Ausheilung (HIERHOLZER 1970 a; HIERHOLZER 1970 b; REHN im Rundgespräch nach WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970).

g. Implantatentfernung oder -belassung

Hier sei kurz zusammengefaßt, was schon unter 1. Wundinfektion gesagt wird und auch für die Osteomyelitis gilt.

g1. Implantat stabilisiert

Solange das Implantat stabilisiert, ist es auf alle Fälle zu belassen. Ziel muß es sein, eine Knochenheilung zu erreichen und erst dann das Metall zu entfernen. Anschließend wird die Infektion zum Abklingen gebracht.

g2. Implantat stabilisiert nicht

Erfüllt das Osteosynthesemittel seine Funktion als stabilisierendes Element nicht mehr, ist es unverzüglich zu entfernen. Ziel der Behandlung ist nun, zuerst den Infekt zum Verschwinden zu bringen. Nach einer Wartezeit zur Beobachtung der Wundverhältnisse geht man die Knochenbruch-

behandlung erneut an. Mit dem Fixateur externe kann noch früher wieder stabilisiert werden.

h. Behandlung von Knocheninfektionen

h1. Nicht-medikamentöse Therapie von Knocheninfekten

Zusätzlich zu den therapeutischen Maßnahmen, die unter 1. Wundinfektionen genannt werden, kommen folgende.

Bei Abszeßeröffnung werden Nekrosen und Sequester möglichst radikal ausgeräumt (BUCHNER 1967; KÜNTSCHER 1962; REHM 1970; SCHLACHETZKI 1970; WILLENEGGER 1970; B. G. WEBER 1966; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970). Von einer Spongiosaplastik ist häufig und ausgiebig Gebrauch zu machen (BUCHNER 1967; KUNER u. WELLER 1968; LÜDEKE u. SCHWEIBERER 1970; REHM 1970; B. G. WEBER 1966; WILLENEGGER 1970; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970).

Die äußere Druckosteosynthese mit dem Fixateur externe kann bei schweren Osteomyelitiden die Pseudarthrosegefahr verringern oder eine infizierte Pseudarthrose zur knöchernen Ausheilung

bringen, an die sich die Beseitigung der Infektion anschließt (DEBRUNNER u. CECH 1970; ECKE 1970; REHN im Rundgespräch nach WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970; WILLENEGGER 1970). In Verbindung mit einer Spüldrainage erzielten auch HIEBLER u. TSCHERNE (1970) gute Ergebnisse.

Darüber hinaus sind folgende Maßnahmen unter Umständen notwendig (SCHWEIBERER 1970).

1. Bluttransfusion
2. Vitamin- und Eisengaben
3. Eiweißreiche Kost, Infusion von Humanalbumin
4. Elektrolytausgleich

h2. Medikamentöse Behandlung

Auch hier gilt das bei 1. Wundinfektion Gesagte.

Außerdem sind in kürzeren Abständen Antibiotogramme angebracht. Wenn notwendig sind sogar Einzeltestungen durchzuführen, da bei der Osteomyelitis häufig Superinfektionen, ein Keimwandel oder Mischinfektionen eintreten und die Resistenzsituation verändern (FEISCHL 1970; KOCH 1970; LINZENMEIER 1970 a; LINZENMEIER 1970 b; LÜDEKE u. SCHWEIBERER 1970; MODDE 1970; PFARSCHNER 1970;

SIMONIS u. BRÜHL 1970; WILLENEGGER 1970).

Darüber hinaus ist bei der Wahl der Antibiotica besonders auf die Knochengängigkeit und Verteilung zu achten, damit ein hoher Wirkspiegel erreicht wird (HIERHOLZER, LINZENMEIER u. KNOTHE 1970; LINZENMEIER 1970 a; LINZENMEIER 1970 b; MODDE 1970; SCHWEIBERER 1970; WELLER u. SCHAUWECKER 1970; WILLENEGGER 1970). Während sich beispielsweise Fusidinsäure, Lincomycin und 7-chlor-desoxy-Lincomycin durch ein besonders hohes Penetrationsvermögen in das entzündete und schlecht durchblutete Knochengewebe einschließlich Sequester auszeichnen (HIERHOLZER, LINZENMEIER u. KNOTHE 1970 und LÜDEKE u. SCHWEIBERER 1970), ist von Penicillin und Gentamycin bekannt, daß sie im Knochen keinen hohen Titer aufbauen (LINZENMEIER 1970 b).

WELLER u. SCHAUWECKER (1970) berichten, daß bei intraarterieller Verabreichung von Methylyltetracyclin (Reverin) mit der antibiotischen Wirkung eine intensive Vasodilatation mit reaktiver Erwärmung auftritt. Allerdings machen WELLER u. SCHAUWECKER (1970) keine Konzentrationsangaben.

h3. Spül Drainage nach WILLENEGGER

Auch bei Knocheninfektionen bewährt sich die offene oder geschlossene, lokale, antibakteriell-mechanische Spül Drainage nach WILLENEGGER vorzüglich, wobei der reinigende Effekt auf die Oberflächen der Wunden durch die mechanische Spülung im Vordergrund steht (DEBRUNNER u. CECHE 1970; ECKE 1970; EUFINGER 1970; HIERHOLZER 1970 b; HIERHOLZER, LINZENMEIER u. KNOTHE 1970; KALLENBERGER, ROTH u. LEDERMANN 1970; KLEMM 1970; KOCH 1970; KRAMER 1970; KUNER u. WELLER 1968; LINZENMEIER 1970 b; LÜDEKE u. SCHWEIBERER 1970; REHM 1970; REHN im Rundgespräch nach WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970; SCHWEIBERER 1970; WILLENEGGER 1967; WILLENEGGER 1970; WILLENEGGER u. LEDERMANN 1970; WILLENEGGER, LEDERMANN, WAHL u. PLAASS 1970).

"Physiologische" Kochsalzlösung als Spülflüssigkeit ist zu gewebetoxisch und durch die besser verträgliche, "physiologischere" RINGERLösung zu ersetzen (KALLENBERGER, ROTH u. LEDERMANN 1970). Der Antibioticumzusatz soll bactericid, aber nicht cytotoxisch sein. Polybactrin ist daher als Antibioticum dem nur bakteriostatisch

wirkenden Chloramphenicol vorzuziehen, zumal es auch in hohen Konzentrationen sehr wenig Toxizität zeigt (KALLENBERGER, ROTH u. LEDERMANN 1970).

VII. Chirurgische Erfahrung und Verantwortung

Wie ein roter Faden zieht sich der Hinweis auf die Verantwortung des Chirurgen durch die Literatur zur Osteosynthese. Mit dem Entschluß zur operativen Frakturbehandlung, die mit der Planung beginnt und mit der Ausheilung und der Implantatentfernung endet, werden an das Geschick und Einfühlungsvermögen des Operateurs hohe Anforderungen gestellt (KÜNTSCHER 1962). Jede Osteosynthese ist nämlich eine individuelle Entscheidung, bei der auch die Intuition des Chirurgen eine wichtige Rolle spielt.

Die technischen und organisatorischen Voraussetzungen müssen sowohl bei der Versorgungs- als auch bei der Entfernungsoperation erfüllt sein (GÖPFERT 1966; TSCHERNE 1969; REHM 1965). Bei der Behandlung ist planmäßig vorzugehen (TSCHERNE 1969).

Ausbildung und Fortbildung des Operateurs sind die Grundlagen für sein Können (KÜNTSCHER 1962 und REHM 1965). Und nur durch höchste Sorgfalt in der Behandlung ist das Risiko der blutigen Frakturversorgung gerechtfertigt.

Selbstbeschränkung innerhalb der Möglichkeiten drückt Verantwortungsbewußtsein aus (KÜNTSCHER 1962). Erfahrung entsteht aus Selbstkontrolle, welche nur durch möglichst lückenlose Nachuntersuchungen gewonnen werden kann (TSCHERNE 1969). Mißerfolge sind bessere Lehrmeister als Erfolge (REHM 1965), besonders wenn man jene nicht nur dem Verfahren zur Last legt, sondern auch zur Selbstkritik heranzieht (KÜNTSCHER 1962). Nicht ohne Grund gelang es der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen), durch offene Diskussion die operative Frakturversorgung so stürmisch zu erneuern (MÜLLER, ALLGOWER u. WILLENEGGER 1963 b).

"Die operative Frakturbehandlung erfordert vom Operateur ein hohes Maß an Wissen und Erfahrung, Beherrztheit und Gewissensprüfung", schreibt TSCHERNE (1969) abschließend zum Thema Operative Frakturbehandlung.

D. Krankengut

1. Materialentfernung von 1956 bis 1970

Aus den Unterlagen der Chirurgischen Universitätsklinik München wurden alle die herausgesucht, die Materialentfernungen an der unteren Extremität betrafen. Der Zeitraum erstreckt sich von 1956 bis 1970 einschließlich. Den Krankengeschichten wurden, soweit dies möglich war, die für diese Arbeit benötigten Angaben entnommen, in ein Formblatt übertragen und so einer statistischen Auswertung zugänglich gemacht.

2. Patienten

a. Gesamtzahl

Von 1956 bis 1970 wurde bei 515 Patienten das Osteosynthesematerial an der unteren Extremität entfernt. Da 23 Patienten entweder an beiden Beinen oder an Ober- und Unterschenkel eine operative Frakturversorgung erhalten haben, stehen für die statistische Auswertung insgesamt 538 Einzelfälle zur Verfügung. Männer und Frauen stellen etwa den gleichen Anteil (262 Männer

und 253 Frauen).

b. Jahresverteilung der Patienten

Jahr	Frauen	Männer	Gesamt
1956	8	16	24
1957	5	5	10
1958	1	3	4
1959	6	4	10
1960	8	10	18
1961	19	9	28
1962	16	7	23
1963	14	11	25
1964	18	4	22
1965	16	18	34
1966	26	24	50
1967	41	27	68
1968	43	41	84
1969	12	30	42
1970	20	53	73
1956 bis 1970	253	262	515

Die Zahl der Entfernungen nimmt im Laufe der Jahre zu, schwankt aber von Periode zu Periode. Im Durchschnitt werden in einem Jahr bei 34 Patienten Materialentnahmen durchgeführt.

c. Alter der Patienten bei der Versorgungsoperation

Dezennium	Alter in Jahren	Frauen	Männer	Gesamt
1	- 9	-	-	-
2	10 - 19	7	25	32
3	20 - 29	33	66	99
4	30 - 39	26	60	86
5	40 - 49	29	29	58
6	50 - 59	51	44	95
7	60 - 69	48	26	72
8	70 - 79	38	8	46
9	80 - 89	16	3	19
10	90 - 99	2	-	2
ohne Angaben		3	1	4
Gesamt		253	262	515

Jüngster Patient: 11 Jahre, ältester: 99 Jahre.

Während sich die Unfallrate bei den Frauen im 6./7. Lebensjahrzehnt häuft, findet sich bei den Männern im 3./4. und im 6. Dezennium der zahlenmäßig höchste Anteil an Knochenbrüchen. Ohne Berücksichtigung des Geschlechtes sind häufig betroffen Personen im 3./4. und im 6./7. Lebensjahrzehnt.

3. Unfallursachen

Unfallart	Patienten
Sturz	222
Verkehr	121
Ski	52
sonstiger Sport	23
spontan, Tumor, pathologisch	10
keine Angaben	87
Gesamt	515

Unter Sturz sind alle Stürze im Haus, am Arbeitsplatz und auf der Straße zusammengefaßt, welche durch Umkippen, Ausrutschen, Vertreten usw. entstanden sind. Besonders Frauen verunglücken oft

durch Stürze.

Verkehrsunfälle nehmen im Laufe der Jahre zu, sind meist besonders kompliziert und mit Mehrfachverletzungen verknüpft.

Von den Sportverletzungen abgegrenzt wurden Skiunfälle, die ja für München relativ häufig sind.

4. Frakturen

a. Frakturart

Unter den operativ versorgten Frakturen sind überwiegend komplizierte Trümmerbrüche. Besonders betroffen von solchen schweren Knochenbrüchen ist der Unterschenkel. Einen etwa ebenso großen Anteil wie Unterschenkelfrakturen stellen Sprunggelenks- und Schenkelhalsbrüche, während Femurschaftfrakturen, die operativ versorgt wurden, nicht so häufig sind. Von den Schenkelhalsbrüchen sind die medialen vor den lateralen, per- und subtrochanteren zu nennen.

b. Frakturlokalisation

Lokalisation	Frauen		Männer		Gesamt	
	abso- lut	rela- tiv %	abso- lut	rela- tiv %	abso- lut	rela- tiv %
Femur ohne Schenkelhals	14	2,6	45	8,4	59	11,0
Schenkelhals	117	21,8	44	8,2	161	30,0
Unterschenkel ohne Sprung- gelenk	45	8,4	106	19,8	151	28,2
Sprunggelenk	74	13,8	67	12,4	141	26,3
Patella	9	1,7	12	2,2	21	3,9
sonstig	2	0,4	3	0,6	5	0,9
Gesamt	261	48,6	277	51,4	538	100,0

Von Schenkelhalsfrakturen sind überwiegend Frauen betroffen. Ursache für Schenkelhalsbrüche sind meist lapidare Stürze von Patienten, die ein Alter von 50 Jahren und höher erreicht haben.

Dagegen sind die schweren Verletzungen des Unterschenkels bei Männern häufiger.

Insgesamt verteilen sich die Frakturen der unteren Extremität, welche osteosynthetisiert wurden, etwa zu gleichen Teilen auf

1. Schenkelhals,
2. Unterschenkel ohne Sprunggelenk und
3. Sprunggelenk.

Dreimal wurde Osteosynthesematerial am Fuß entfernt, einmal eine Kniegelenks- und einmal eine Sprunggelenksarthrodese ausgeführt.

5. Osteosynthesemethoden

Nur ein Material	Schenkelhals	sonstiger Femur	Sprunggelenk	sonstiger Unterschenkel	Patella	Gesamt
Nägel	126	36	-	27	-	189
RUSHpins	-	-	10	6	-	16
Platten	11	10	-	38	-	59
Schrauben	2	1	41	16	-	60
Drähte	-	1	8	12	21	42

Die wichtigsten Materialkombi- nationen	Schen- kel- hals	son- sti- ger Fe- mur	Sprung- gelenk	sonsti- ger Un- ter- schen- kel	Ge- samt
Nägel + Cercla- gen	-	2	-	3	5
Nägel + Schrau- ben	2	1	-	-	3
RUSHpins + Schrauben	-	-	19	1	20
RUSHpins + Cerclagen	-	-	20	-	20
RUSHpins + Schrauben + Cerclagen	-	-	23	-	23
Platten + Soli- tärschrauben	2	3	9	25	39
Schrauben + Cerclagen	-	-	10	-	10

Am häufigsten wird genagelt (3-Lamellen-Laschen-Nagel und KÜNTSCHER-Nagel).

Platten werden hauptsächlich am Unterschenkel

verwendet, oft in Verbindung mit Solitär-schrauben.

Verschiedene Osteosynthesemethoden finden oft in bestimmten Kombinationen miteinander Anwendung. Vor allem bei Luxationsfrakturen der Sprunggelenke, wo zumeist das VOLKMANNsche Dreieck abgesprengt oder/und - allerdings weniger oft - die tibiofibuläre Syndesmose zerrissen ist, erfolgt die Versorgung oft durch Kombinieren mehrerer Osteosyntheseverfahren.

E. Ergebnisse aus dem Krankengut

I. Reguläre Entfernungen

1. Lokalisationsverteilung der entfernten Implantate

Lokalisation	Nägel	Platten	Drähte	RUSH-pins	Schrauben	Gesamt
Oberschenkel	101	21	3	-	9	134
Unterschenkel	24	64	66	63	120	337
Patella	-	-	21	-	-	21
Syndesmose	-	-	-	-	9	9
Gesamt	125	85	90	63	138	501

Osteosynthesematerialien, die kombiniert angewendet wurden, sind in dieser Tabelle jeweils für sich angeführt.

2. Mittelwerte der Zeiten bis zur Entfernung
(Angaben in Monaten)

Lokalisation	Nä- gel	Plat- ten	Dräh- te	RUSH- pins	Schrau- ben
Oberschenkel	15	13	10	-	13
Unterschenkel	14	12	8	10	10
Patella	-	-	8	-	-
Tibiofibuläre Syndesmose	-	-	-	-	2,0 !
Gesamte untere Extremität ohne Patella und Stell- schrauben	15	12	8	10	11

Wegen der Übersichtlichkeit wird eine getrennte Darstellung von Termin und Anzahl (siehe 1. Implantatverteilung) der Entfernungen gewählt, obwohl beide Angaben statistisch gesehen zusammengehören.

Zur Mittelwertbildung sind nur reguläre Entfernungen (keine Komplikationen, röntgenologisch

konsolidiert, klinisch reizlos) herangezogen worden. Die Liegedauer wurde auf Wochen genau bestimmt, die Werte gemittelt, 4 Wochen gleich 1 Monat gesetzt und dann auf volle Monate gerundet.

Auch nach der Materialentnahme kam es, soweit dies zu übersehen war, in den betroffenen Fällen zu keinen Komplikationen.

Es ist zu beachten, daß die tibiofibuläre Syndesmosenschrauben nach 8 Wochen entfernt wurden!

Da sehr späte, aber reguläre Materialentnahmen die oben angegebenen Zeiten sehr verfälschen würden, sind sie nicht berücksichtigt. Insofern sind die Angaben mathematisch-statistisch nicht ganz korrekt, entsprechen dafür aber mehr den tatsächlichen klinischen Verhältnissen, da diese späten Entfernungen noch mehr als die anderen regulären Entnahmen den verschiedensten individuellen Einflüssen unterliegen und daher nicht planmäßig erfolgen.

Wegen dieser vielen individuellen Faktoren streuen die Zeiten auch nicht gesetzmäßig um einen, und zwar den oben angegebenen Mittelwert.

Die gemittelten Zeiten fallen deshalb nicht immer mit den Zeiten der Maxima der Materialentfernungen zusammen.

Eine Angabe der Varianz oder der Standardabweichung ist aus eben diesen Gründen nicht sinnvoll.

Dennoch wird im weiteren versucht, mit der Angabe von Zeitintervallen, in denen der größte Teil der Implantate entfernt wurde, mathematisch-statistisch nicht korrekt dem Kliniker als Äquivalent für die Standardabweichung oder die Varianz einen Anhalt für die Streubreite zu geben.

Die längste Liegedauer überhaupt beträgt 23 Jahre. Es handelte sich um einen Splitterbruch der rechten Tibia eines bei der Versorgung 14-Jährigen. Es wurden damals drei Cerclagen eingebracht, die nach 23 Jahren wegen des Einbaus in den Knochen nur teilweise entfernt werden können. Zu der Entfernungsoperation kam es, als der Patient leichte Schmerzen im Unterschenkel angab. Dabei wurde im Röntgenbild das Osteosynthesematerial entdeckt, von dessen Anwesenheit der Patient nichts wußte.

3. Entfernungstermin nach Material und Lokalisation

a. Nägel

a1. Oberschenkel

Am Oberschenkel verbleiben Nägel im Durchschnitt 15 Monate. Die meisten Nägel werden in einem Zeitraum von 9 bis 19 Monaten nach Osteosynthese entfernt. Das monatliche Entfernungsmaximum findet sich 12 Monate nach der Versorgung.

a2. Unterschenkel

Unterschenkelnägel liegen im Mittel etwa 14 Monate. Innerhalb 8 bis 21 Monate nach der Einbringung werden fast alle Implantate wieder herausgenommen, am meisten nach 14 Monaten.

b. Platten

b1. Oberschenkel

Monatliches Maximum und Durchschnittswert für die Plattenentnahmen am Oberschenkel liegen bei 13 Monaten; der Bereich der meisten Entfernun-

gen erstreckt sich von 10 bis 18 Monate.

b2. Unterschenkel

Die mittlere Liegedauer der Platten beträgt am Unterschenkel 12 Monate; nach derselben Zeit werden am häufigsten Plattenentfernungen durchgeführt. Innerhalb 7 bis 19 Monate nach der Versorgungsoperation findet die Entfernung eines sehr großen Teils aller Platten am Unterschenkel statt.

c. Drähte

c1. Patella

Etwa die Hälfte der Zuggurtungen an der Patella wird nach 3 bis 4 Monaten, die andere Hälfte nach 12 Monaten entfernt. Um die errechnete Mittelwertszeit von 8 Monaten ist keine Zuggurtung entfernt worden.

c2. Oberschenkel

Die 3 Oberschenkelcerclagen wurden nach 6, 10 und 14 Monaten herausgenommen. Sie waren in Kom-

bination mit anderen Synthesemethoden eingebracht worden und wurden auch mit diesen zusammen entfernt.

c3. Unterschenkel

Am Unterschenkel sind häufig Cerclagen anzutreffen, meist in Verbindung mit anderen Methoden der operativen Frakturversorgung. Diese Drahtumschlingungen werden nach 6 Monaten am häufigsten entnommen, während sich die durchschnittliche Liegezeit mit 8 Monaten errechnet und der größte Teil der Cerclagen nach einem Zeitraum von 3 bis 12 Monaten entfernt wird.

d. RUSHpins am Unterschenkel

10 Monate verbleiben RUSHpins im Durchschnitt in den Unterschenkelknochen; die meisten werden nach 6 Monaten entnommen. Das Zeitintervall, in dem die meisten RUSHpins entfernt werden, reicht von 6 bis 15 Monaten nach Einbringung.

e. Schrauben

e1. Oberschenkel

Oberschenkelschrauben werden im Mittel nach 13 Monaten entnommen. Dieser Termin gibt auch das monatliche Häufigkeitsmaximum an. Sehr eng ist der Zeitraum, in dem relativ viele Schrauben entfernt werden, nämlich nach 11 bis 15 Monaten.

e2. Unterschenkel

Die vielen Unterschenkelschrauben werden größtenteils nach 2 bis 17 Monaten entfernt; das Maximum liegt bei 12 bis 15 Monaten, während der gemittelte Termin 10 Monate beträgt. Syndesmosenschrauben sind hierbei nicht berücksichtigt.

e3. Syndesmosenschrauben

Von 9 Syndesmosenschrauben werden 8 innerhalb der ersten 3 Monate entfernt, die neunte im 5. Monat post operationem. Allein 6 dieser Schrauben werden 8 Wochen nach der Versorgung wieder herausgenommen. Mit 8 Wochen errechnet sich auch die durchschnittliche Liegedauer von Syndesmo-

senschrauben.

4. Zusammenfassung

Ganz allgemein lassen sich für die untere Extremität, welche ja besonderen Beanspruchungen bezüglich Belastung und Funktion ausgesetzt ist, folgende Richtzeiten erkennen.

Material	durchschnittliche Liegedauer
Nägel	15 Monate
Platten	12 Monate
Schrauben	11 Monate
RUSHpins (Unterschenkel)	10 Monate
Drähte	8 Monate
Patella-Zuggurtungen	8 Monate
Syndesmosenschrauben (= Stellschrauben)	2 Monate = 8 Wochen

II. Komplikationen

Komplikationen	absolute Zahl der Komplikationen	Gesamtzahl der jeweiligen Versorgung	relative Häufigkeit in %
1. Schenkelhals- und Hüftkopfnnekrosen	7	161 Schenkelhals- osteo- synthesen	4,4
2. Refrakturen	6	538	1,1
3. Materialbruch durch Korrosion	1	538	0,2
4. Metallose	4	538	0,7
5. Materialbruch, -lockerung, -wanderung, -verformung (alles ohne Pseudarthrosengefahr) und nicht zu entfernende Metallfragmente	30	538	5,6

Komplikationen	absolute Zahl	Gesamtzahl der jeweiligen Versorgung	relative Häufigkeit in %
6. Alle Pseudarthrosen	20	538	3,7
a. Infektpseudarthrosen	4	538	0,7
b. Instabilitätspseudarthrosen und beginnende Pseudarthrosen wegen Materialbruch oder -lockerung	12	538	2,2
c. Defektpseudarthrose	1	538	0,2
d. Sperren der Fibula	3	151 Unter-schenkel-osteosynthesen	2,0
7. Wundheilungsstörungen, Wunddehiszenzen, Sekundärheilungen, oberflächliche und kleine Wundnekrosen, infizierte Wunden	15	538	2,8

Komplikationen	absolu- te Zahl der Kom- plika- tionen	Gesamt- zahl der jeweili- gen Ver- sorgun- gen	relati- ve Häu- figkeit in %
8. Osteomyelitis			
a. klinisch sterile Osteomyelitis	2	538	0,4
b. infizierte Osteomyelitis	6	538	1,1

1. Schenkelhals- und Hüftkopfnekrosen 4,4 %

Diese konnten nur insoweit erfaßt werden, als sie schon zum Zeitpunkt der Materialentfernung erkennbar waren.

2. Refrakturen 1,1 %

Eine Refraktur entstand in Verbindung mit einem Materialbruch, die anderen ereigneten sich kurz vor oder nach Entnahme des Osteosynthesematerials.

In der Regel wurde nach der gleichen Osteosynthesemethode erneut operativ versorgt. In zwei Fällen erfolgte eine konservative Behandlung mit Ruhigstellung im Gipsverband.

3. Materialbruch durch Korrosion 0,2 %

Der einzige Materialbruch durch Korrosion ereignete sich im Winkel zwischen Lasche und Nagel eines Laschennagels, nachdem zuvor eine Schraube gebrochen war. Bei der Entnahme des Laschennagels wird festgestellt, daß dieser Winkel durchrostet ist. Die Schraubenfragmente verbleiben im Femurschaft. Die Fraktur ist knöchern konsolidiert.

4. Metallose 0,7 %

Sie war nie Anlaß zur Entfernung des Metalls. In zwei Fällen ist sie histologisch, in den übrigen klinisch diagnostiziert worden.

5. Materialveränderungen 5,6 %

Dieser hohe Prozentsatz ergibt sich, weil alle Materialbrüche, -lockerungen, -wanderungen und -verformungen, auch wenn sie keine Beschwerden

oder Störungen verursachten, sowie alle Fälle, bei denen Metallreste im Knochen verblieben, berücksichtigt wurden. Dieser strenge Maßstab wurde angelegt, damit für die Berechnung der mittleren Liegedauer der Implantate nur einwandfreie Fälle herangezogen werden konnten.

In einem Fall konnte ein KÜNTSCHER-Nagel nach 16 (!) Jahren nicht entfernt werden, weil er in Höhe der inzwischen durchbauten Frakturlinie abgeknickt war. Er wurde belassen.

6. Pseudarthrosen 3,7 %

Auch hier wurde streng vorgegangen. Sowohl drohende als auch manifeste Pseudarthrosen wurden gezählt.

a. Infektpseudarthrosen 0,7 %

Darunter sind alle Osteomyelitiden zusammengefaßt, die außerdem röntgenologisch als Pseudarthrosen diagnostiziert wurden. Sie bereiten große Schwierigkeiten und zeigen einen langwierigen Verlauf. Nach vergeblichen Reosteosynthesen mit Anfrischung oder radikaler Ausräumung

nekrotischen Gewebes und Spananlagerungen mündete die Behandlung meist in die konservative Therapie.

In einem Fall mußte sogar eine Unterschenkelamputation durchgeführt werden, da die Infektion nicht mehr zu beherrschen war.

b. Instabilitätspseudarthrosen 2,2 %

Von der drohenden Pseudarthrose wegen Materiallockerung oder -bruch reicht die Skala bis zur deutlichen Pseudarthrose wegen instabiler Osteosynthese.

Aufbohren, Anfrischen, Spananlagerung und Reosteosynthese führten durchwegs zur Heilung.

c. Defektpseudarthrose 0,2 %

Die einzige Defektpseudarthrose, die auch nach Reosteosynthese mit Anfrischung nicht heilte, konsolidierte unter monatelanger konservativer Therapie doch noch.

d. Sperren der Fibula 2,3 %

Nach Fibulotomie kam es stets zu einer knöchernen Überbrückung des Frakturspaltes der Tibia.

7. Wundheilungsstörungen 2,8 %

Sehr kritisch wurden die Krankengeschichten auf Wunddehiszenzen, Sekundärheilungen, oberflächliche und kleinere Wundnekrosen, entzündete und infizierte Wunden hin durchgesehen.

Eine Knochenbeteiligung war in all diesen Wundheilungsstörungen nicht gegeben.

Mit der Spüldrainage nach WILLENEGGER wurden bei schwerwiegenderen Störungen regelmäßig Heilungen erzielt.

8. Osteomyelitis

a. Klinisch sterile Osteomyelitis 0,4 %

In zwei Fällen von 538 konnten Knochenentzündungen, aber keine Erreger nachgewiesen werden. Da die Implantate stabilisierten, wurden sie bis zur

Konsolidierung belassen. Nach der Frakturheilung klangen auch die Entzündungszeichen ab.

b. Infizierte Osteomyelitis 1,1 %

Als Erreger sind *Staphylococcus aureus* und *Pseudomonas aeruginosa* zu nennen.

Da in allen Fällen die Implantate stabilisierten, wurde mit Antibiotica und Spüldrainagen nach WILLENEGGER die Infektion bekämpft, bis die Fraktur knöchern fest war. Nach der Materialentfernung konnte man die Infektion zum Abklingen bringen.

Wie verzögert eine Osteomyelitis ausbrechen kann, zeigte sich in einem Fall. 5 1/2 Jahre nach der Osteosynthese entstand eine infizierte Fistel, die bis zum Nagel reichte. Da die Fraktur fest war, entfernte man den Nagel und brachte die Infektion zum Verschwinden.

9. Besonders kritische Überprüfung

Abschließend sei noch einmal darauf hingewiesen, daß das Krankengut bezüglich der Komplikationen

besonders kritisch gesichtet wurde, damit für die Beurteilung der Zeitwahl der Materialentfernung nur weitgehend regulär verlaufene Osteosynthesen zur Verfügung standen.

III. Heilverlauf nach der Entfernung des Osteosynthesematerials

1. Stationärer Aufenthalt bei der Entfernungs- operation

Die Krankenhausaufenthaltsdauer nach der Entnahme des Materials beträgt im Mittel 8 Tage. Oft ist sie geringer, nur wenige Patienten bleiben länger als 14 Tage stationär.

2. Komplikationen nach der Materialentfernung

An erster Stelle sind Refrakturen zu nennen, dann Wundheilungsstörungen.

Da Komplikationen nach der Materialentfernung entweder schon vor der Entnahme manifest waren oder aber einen milden Verlauf zeigen, sind sie unter II. Komplikationen angeführt.

Außer Refrakturen und wenigen Wundheilungsstörungen traten nach der Implantatentfernung keine neuen Störungen auf, die den Heilungserfolg in Frage gestellt hätten. Diese Fälle mit frischen Komplikationen nach der Materialentnahme wurden

nicht herangezogen, um die mittleren Material-entfernungstermine zu errechnen. Sie wurden vielmehr zu den Komplikationen gezählt.

3. Arbeitsunfähigkeit, Schonung

In der Regel wurden den Patienten bei ihrer Entlassung aus der Klinik eine Schonung oder/und Arbeitsunfähigkeit von insgesamt 2 bis 3 Wochen empfohlen bzw. zuerkannt. Oft fanden sich in den Krankengeschichten darüber jedoch keine Angaben, was aber ebenfalls auf kurze Zeiten schließen läßt.

F. Diskussion

I. Osteosynthese als anerkannte chirurgisch-orthopädische Behandlungsmethode

Auch an der Chirurgischen Universitätsklinik München hat sich die Osteosynthese als Behandlungsmethode bewährt. Ihr Erfolg steht und fällt mit der Güte der operativen Frakturversorgung und der Nachbehandlung.

1. Unverbindlicher Charakter der Terminangaben

Im Schrifttum werden zwar Empfehlungen zur Zeitwahl der Materialentfernung nach Frakturosteosynthese gegeben, nirgends jedoch objektive Angaben auf der Grundlage einer statistischen Untersuchung.

Jede Frakturheilung muß individuell beurteilt werden, so daß Richtzeiten stets nur mit Vorbehalt übertragen werden dürfen.

2. Chirurgische Erfahrung

Neben Können erfordert die verantwortungsvolle

operative Frakturversorgung Umsicht und Intuition von seiten des Arztes. Von seiten des Patienten ist Kooperationsbereitschaft von Nöten.

3. Röntgenologische Beurteilung

Die Beurteilung der Frakturheilung ist in erster Linie Sache des Röntgenologen, obwohl zu wünschen ist, daß auch andere Kriterien wie klinische Prüfungen und biologische Untersuchungen mehr als bisher zur Entscheidung herangezogen werden.

4. Richtzeiten

Bei Heranwachsenden wird so früh wie möglich das Osteosynthematerial wieder herausgenommen.

Dagegen ist es oft angebracht, bei Patienten in hohem Alter das Metall zu belassen, was für pathologische Frakturen ja sowieso gilt.

Die in der Literatur empfohlenen Termine harmonisieren recht gut mit den in dieser Untersuchung errechneten mittleren Liegezeiten der Implantate.

Es ist aber festzuhalten, daß wegen der verschie-

densten persönlichen Gesichtspunkte der Patienten keine gesetzmäßige Verteilung der Zeiten um einen Mittelwert entsteht. Die Berechnung der Durchschnittszeiten ist insofern mathematisch nicht korrekt, als überlange, vom Patienten bewirkte Liegezeiten nicht berücksichtigt wurden. Diese sehr späten Entfernungen (bis 23 (!) Jahre Verbleib von Osteosynthesematerial in situ) würden, da das untersuchte Kollektiv nicht genügend groß ist, die angegebenen Werte sehr verfälschen und meiner Meinung nach dann für die Klinik unbrauchbar machen.

II. Komplikationen

1. Ausführung der Osteosynthese und Nachbehandlung

Auf den Wert einer biomechanisch guten Osteosynthese und einer zweckmäßigen funktionellen Nachbehandlung wird allgemein hingewiesen.

Abzulehnen sind in der Regel sogenannte Adaptionsosteosynthesen bei Erwachsenen und die alleinige Anwendung von Drahtcerclagen. Letztere sollten auch in Kombination mit anderen Methoden der operativen Frakturversorgung ebenso wie Doppelplatten nur nach sehr kritischer Überlegung eingebracht werden.

Die funktionelle Nachbehandlung ist ein sehr wichtiger Bestandteil der operativen Frakturversorgung. Ihr ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

2. Knochenveränderungen

Inwieweit Osteosynthesen Biochemie und Physiologie des Knochenstoffwechsels beeinflussen, ist

Gegenstand wissenschaftlicher Forschung und bei weitem noch nicht geklärt.

Die sogenannte Spongiosierung der Corticalis durch zu lange liegendes und den Kraftfluß störendes Material ist röntgenologisch und histologisch gesichert. Inwieweit sie aber wirklich einer Spongiosierung entspricht, ist noch offen.

Die schweren Fälle SUDECKscher Dystrophie treten bei der operativen Frakturversorgung wegen der frühen funktionellen Nachbehandlung unter Vermeidung von Schmerzen kaum noch auf.

Relativ niedrig ist auch die Zahl der Schenkelhals- und Hüftkopfnekrosen des untersuchten Krankengutes. Allerdings wurden nur die Fälle, die schon bei der Materialentfernung diagnostizierbar waren, registriert.

3. Materialveränderungen

Metallose und Korrosion sind mehr von Interesse für die wissenschaftliche Grundlagenforschung denn für die klinische Praxis. Nur in einem Fall rostete ein Metall durch und brach. In die-

sem Fall war die Fraktur schon gefestigt, so daß keine weiteren Komplikationen folgten. Sonst sind wegen Korrosion und Metallose keine frühzeitigen Entfernungen notwendig geworden.

Materialwanderungen betreffen vor allem zu dünne Nägel, während Schrauben und Cerclagen öfters Brüche und Risse zeigen. Da bei der Auswertung ein strenger Maßstab angelegt wurde und auch alle Fälle erfaßt wurden, bei denen Metallfragmente im Knochen verblieben, ergibt sich der auf den ersten Blick verhältnismäßig hohe Prozentsatz von 5,6 %. Vergleichbare Angaben waren im Schrifttum nicht zu finden.

4. Pseudarthrosen

Die Pseudarthrosenrate entspricht etwa der bei konservativer Versorgung und beruht hauptsächlich auf Instabilität. Nach stabiler Reosteo-synthese ist fast ausnahmslos eine Heilung zu erzielen.

5. Infektionen

Infektionen sind das Crux der operativen Frak-

turversorgung. Sie werden der Methode zur Last gelegt und stellen einen Wertmesser für die Qualität der Osteosynthese dar. Es muß daher sowohl beim Einbringen als auch beim Entfernen des Materials ganz besonders auf strengste Asepsis geachtet werden, um operativ verursachte Infektionen zu verhindern. Es ist jedoch zu bedenken, daß gerade die komplizierten, schweren Frakturen es sind, die osteosynthetisch versorgt werden und schon primär infiziert sein können.

a. Wundheilungsstörungen ohne Knochenbeteiligung

Wundinfektionen laufen meist noch verhältnismäßig glimpflich ab, sofern sie nicht auf den Knochen übergreifen.

Therapeutisch haben sich bewährt die Spüldrainage nach WILLENEGGER, gezielte Antibioticaverabreichung nach einem Bakteriogramm und allgemeine Maßnahmen zur Linderung der Entzündung wie Hochlagern, Ruhigstellen usw.

b. Osteomyelitis

Posttraumatische Osteomyelitiden sind sehr gefürchtet. Sie verlaufen langwierig und kompliziert.

Die Infektbehandlung erfolgt im Prinzip wie bei der einfachen Wundheilungsstörung ohne Knochenbeteiligung.

Die Entscheidung, ob die Implantate entfernt werden oder nicht, wird von folgenden Überlegungen beeinflusst.

Da das Metall die Infektion unterhält und diese daher nicht zum Verschwinden gebracht werden kann, versucht man bei noch stabilisierendem Material, eine knöcherne Durchbauung der Fraktur zu erreichen. Erst dann wird das Implantat entfernt und die Infektion bekämpft, bis sie abgeklungen ist.

Erfüllt das Osteosynthesematerial seine stabilisierende Funktion nicht mehr, wird es umgehend herausgenommen. Nach der Infektbehandlung bis zum Abklingen wartet man der Sicherheit wegen

noch einige Monate bis zur erneuten operativen Versorgung der Fraktur, falls sie nicht schon konservativ im stabilisierenden Verband oder durch äußere Spanner erfolgreich behandelt wurde.

Mit dem Fixateur externe wurden in diesen Fällen nach den Angaben des Osteosyntheseschrifttums durchwegs gute Resultate erzielt.

c. Häufigkeit

Infektionsraten von 1 bis 2 bis 3 % werden in der Literatur der operativen Frakturversorgung als oberste Grenze für eine verantwortungsbewußte Osteosynthese genannt.

Da das Krankengut der Universitätsklinik München sehr kritisch gesichtet wurde und die Infektionsrate sich zu 3,9 % errechnet, wobei auch oberflächliche kleine Wundnekrosen, Sekundärheilungen, Wunddehiszenzen und andere kleinere Wundheilungsstörungen, die potentiell infiziert sein können, aber den Heilverlauf nur unwesentlich störten und bei denen oftmals keine Erreger nachzuweisen waren, berücksichtigt wurden, ist ein direk-

ter Vergleich mit den Werten, die in der Literatur angegeben werden, nicht möglich. Die jeweiligen Autoren kamen aufgrund verschiedener Ausgangsbedingungen zu differierenden Ergebnissen, so daß nicht einmal diese untereinander sinnvoll verglichen werden können. Dennoch kann gesagt werden, daß die Infektionsquote relativ niedrig ist. Sie ist aber immer noch so hoch, daß versucht werden sollte, sie durch peinlichst genaue Beachtung der Aseptik und eventuell durch weitere Verbesserungen in dieser Richtung zu senken.

III. Verantwortung des Chirurgen

Auch im Rahmen der Diskussion ist auf die große Verantwortung des behandelnden Arztes hinzuweisen, die er mit der Entscheidung zur Osteosynthese eingeht. Die Kunst liegt in der kritischen Selbstbeschränkung und nicht in der operativen Versorgung um jeden Preis. Es muß immer der Patient sein, um dessentwillen eine Osteosynthese gewagt werden soll.

Ebenso ist die Materialentfernung eine Entscheidung, die nicht zur Gänze rational getroffen werden kann, zu einem gut Teil intuitiv erfolgt und daher chirurgische Erfahrung und Verantwortung verlangt.

IV. Schlußfolgerungen

1. Harmonie der Terminangaben der Literatur mit denen der Untersuchung

Die auf statistischem Wege gewonnenen, objektivierten Terminangaben stimmen im großen und ganzen mit den Angaben in der Literatur überein.

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß das Osteosynthesematerial etwa 1 Jahr liegen sollte. Ausnahmen: Syndesmosenschrauben (Stellschrauben) sind nach 8 Wochen spätestens, Cerclagen frühestmöglich zu entfernen.

2. Komplikationen

Klinisch bedeutsame Komplikationen sind Hüftkopf- und Schenkelhalsnekrosen nach Schenkelhalsnagelungen, Pseudarthrosen und Infektionen.

Gute, sorgfältige Osteosynthesen, zweckmäßige funktionelle Nachbehandlung und strengste Asepsis sind Grundvoraussetzungen zur Verhütung dieser meist folgenschweren Komplikationen.

3. Röntgenologische Beurteilung der Frakturheilung

Die Beurteilung der Frakturheilung gründet hauptsächlich auf der röntgenologisch erkennbaren Konsolidierung der Fraktur.

Dazu kommt noch die klinische Untersuchung, welcher bei primärer Knochenheilung besondere Bedeutung zukommt.

4. Infizierte Osteosynthesen

Grundsätzlich gilt für infizierte Osteosynthesen, daß das Material zu belassen ist, solange es stabilisiert. Erfüllt dagegen das Material seinen Zweck nicht mehr, so wird es entfernt.

5. Erfahrung durch Selbstkritik

Die Regeln zur Materialentfernung sind immer nur ein Anhalt für die Beurteilung eines Einzelfalles und daher besonders kritisch anzuwenden.

Die Verantwortung des Chirurgen muß getragen werden von Können, Erfahrung und Mut zur Selbstkritik.

G. Zusammenfassung

1. Inhalt

Nach einem kurzen historischen Hinweis auf die Marknagelung nach KÜNTSCHER und die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) folgt eine ausführliche literarische Darstellung zur Frage der Zeitwahl der Materialentfernung nach Frakturosteosynthese und des Verhaltens bezüglich des Implantats bei Komplikationen.

Es wird darauf hingewiesen, daß eine biomechanisch gut konzipierte Osteosynthese in Verbindung mit einer entsprechenden funktionellen Nachbehandlung bei strengster Asepsis in der Regel zum Erfolg führt. Wegen der besonderen Beanspruchung der unteren Extremität mit ihren oft schweren Verletzungen bedürfen Frakturen des Beines großer Sorgfalt bei der Behandlung.

Primäre und sekundäre Knochenheilung sowie das Callusproblem erlangen in der röntgenologischen Beurteilung der Frakturheilung praktische Bedeutung. Als weiteres Kriterium wird die klinische Untersuchung zur Entscheidung der Frage der

Implantatentfernung herangezogen.

In einer Tabelle sind die in der Literatur empfohlenen Liegezeiten zusammengefaßt.

Breite Darstellung findet auch das Schrifttum über das Verhalten bei Komplikationen. Neben prophylaktischen Maßnahmen werden therapeutische Schritte bei latenten und manifesten Komplikationen der Literatur entnommen. Nochmals kommt die Qualität der Ausführung und der Nachbehandlung zur Sprache. Dabei werden alle Möglichkeiten der Prophylaxe und der Therapie aufgeführt, die in der Literatur empfohlen werden.

Eingehend werden Komplikationen von seiten des Knochens, die gerade an der unteren Extremität oft folgenschwer sind, und die von seiten des Materials besprochen. Während Pseudarthrosen nicht öfter als bei konservativer Behandlung auftreten, stellen Infektionen die Methode der operativen Frakturversorgung an sich in Frage. Gerade bei infizierten Osteosynthesen ist die Entscheidung der Metallentfernung oder -belastung von ausschlaggebender Bedeutung für den weiteren Heilverlauf.

Abschließend wird die chirurgische Erfahrung und Verantwortung bei Osteosynthesen betont.

2. Resultat

In den Ergebnissen der Untersuchung des Krankengutes der Universität München finden die in der Literatur empfohlenen Zeiten objektive Bestätigung.

Es standen 538 Fälle von 515 Patienten zur Auswertung zur Verfügung.

Folgende mittlere Entfernungstermine wurden gefunden (Angaben in Monaten).

Lokalisation	Nägel	Platten	Drähte	RUSH-pins	Schrauben
Oberschenkel	15	13	10	-	13
Unterschenkel	14	12	8	10	10
Patella	-	-	8	-	-
Tibiofibuläre Syndesmose	-	-	-	-	2,0 (!)

Lokalisation	Nä- gel	Plat- ten	Dräh- te	RUSH- pins	Schrau- ben
Gesamte untere Extremität ohne Patella und Stell- schrauben	15	12	8	10	11

Ganz allgemein ergibt sich eine Liegedauer von etwa 1 Jahr, ausgenommen Syndesmosenschrauben, welche nach 6 bis 8 Wochen spätestens, und Cerclagen, welche frühestmöglich entfernt werden sollen.

An Komplikationen sind Schenkelhals- und Hüftkopfnekrosen, Pseudarthrosen und Infektionen hervorzuheben. Bei der Erfassung der Komplikationen wurde ein sehr kritischer Maßstab angelegt. Dennoch treten, soweit sich die Ergebnisse wegen unterschiedlicher Ausgangsbedingungen anderer Autoren überhaupt vergleichen lassen, diese Komplikationen relativ selten oder in etwa der selben Größenordnung auf wie in der Literatur.

In der Diskussion kristallisiert sich weiter heraus, daß die Liegedauer nur ein unverbindlicher Richtwert ist, der entsprechend kritisch in die Beurteilung der Materialentfernung einbezogen werden sollte.

Die Osteosynthese ist ein bewährtes Verfahren, erfordert jedoch peinlichste Beachtung der Asepsis.

Die operative Frakturversorgung verlangt vom behandelnden Arzt Verantwortungsbewußtsein und viel Erfahrung.

H. Literatur

Ahrer, E., P. Psennner u. W. Schennach:

Operationsergebnisse von 209
Marknagelungen (203 Verletzte).
Mit besonderer Berücksichtigung
der Komplikationen.
Wien Klin Wschr 79 (1967) 743 -
748

Allgöwer, M.: Osteosynthese und primäre Kno-
chenheilung.

Langenbecks Arch klin Chir 308
(1964) 423 - 433

Allgöwer, M.: Funktionelle Anpassung des Kno-
chens auf physiologische und un-
physiologische Beanspruchung.

Langenbecks Arch klin Chir 319
(1967) 383 - 391

Allgöwer, M., M. E. Müller, R. Schenk u. H. Wil-
lenegger:

Biomechanische Prinzipien bei
der Metallverwendung am Knochen.
Langenbecks Arch klin Chir 305
(1963) 1 - 14

Briskin, B. S.: Bruch von Metallschienen nach
der Osteosynthese und takti-
sches Vorgehen bei diesbezüg-
lichen Komplikationen.
Zbl Chir 89 (1964) 861 - 865

Brussatis, F. u. M. E. Müller:
Metallbeschaffenheit und Korro-
sionserscheinungen an Platten
und Schrauben.
Langenbecks Arch klin Chir
305 (1963) 15 - 20

Brussatis, F. u. J. Nonhoff:
Metallkundliche Untersuchungen
der bei Osteosyntheseoperatio-
nen verwendeten Implantate.
Arch Orthop Unfall-Chir
62 (1967) 64 - 85

Buchner, H.: Die Osteomyelitis nach der
operativen Behandlung von
Sprunggelenksverletzungen.
H Unfallheilk 92 (1967) 74 - 78

Contzen, H.: Abakterielle Osteitis durch
Metallose. In: G. Hierholzer u.
J. Rehn: Die posttraumatische
Osteomyelitis. Schattauer, Stutt-
gart, New York 1970. S. 35 - 38

Debrunner, A. u. O. Cech:

Behandlung der infizierten Osteosynthesen und Pseudarthrosen mit Hilfe der externen Fixation. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 155 - 162

Dobberstein, H.: Die antibiotische Behandlung der traumatischen Knocheninfektionen. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 255 - 259

Dürr, W.: Pseudarthrosenentstehung infolge unzureichender Osteosynthesen. Chirurg 39 (1968) 192

Ecke, H.: Behandlungsverfahren bei der chronischen posttraumatischen Osteomyelitis. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 111 - 116

- Economou, G.: Valoron in der Unfallchirurgie.
Münch Med Wschr 114 (1972)
509 - 511
- Elmendorff, H. F. v., H. Simmert u. W. Hupfauer:
Über Brüche von metallischen
Implantaten.
Arch Orthop Unfallchir
67 (1969) 141 - 154
- Eufinger, H.: Die Behandlung der Wundinfektion.
H Unfallheilk
102 (1970) 25 - 34
- Feischl, P.: Mischinfektion und bakterielle-
gische Resistenzprobleme bei der
posttraumatischen Osteomyelitis.
In: G. Hierholzer u. J. Rehn:
Die posttraumatische Osteomyeli-
tis. Schattauer, Stuttgart, New
York 1970. S. 229 - 232
- Frank, E.: Metallurgische Probleme der
Osteosynthese.
H Unfallheilk 97 (1968) 49 - 52
- Freick, H.: Erfolge mit dem Laschengleit-
nagel nach Pugh bei Frakturen
am proximalen Femurende.
Chirurg 38 (1967) 178 - 183

Friedrich, B. u. R. Zwirner:

Indikationsfehler bei der Metall-
entfernung nach Osteosynthesen.

Langenbecks Arch klin Chir

327 (1970) 829 - 832

Göpfert, H.: Ergebnisse der operativen Behand-
lung geschlossener Gliedmaßenbrüche.

H Unfallheilk 87 (1966) 274 - 277

Hackethal, K. H.:

Die Bündelnagelung. Springer, Ber-
lin, Göttingen, Heidelberg 1961

Harrfeldt, H. P.:

Narkoseverfahren bei posttraumati-
scher Osteomyelitis unter Berücksich-
tigung des chirurgischen Eingriffs.

In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die
posttraumatische Osteomyelitis.

Schattauer, Stuttgart, New York

1970. S. 105 - 107

Hegemann, G.: Wundinfektion.

H Unfallheilk 102 (1970) 10 - 25

Hell, K. u. P. Frei:

Zur Fixationsdauer der häufigsten
Frakturen.

Ther Umschau 23 (1966) 160 - 162

- Hellner, H.: Frakturen und Luxationen. In:
H. Hellner, R. Nissen u. K. Voss-
schulte: Lehrbuch der Chirurgie.
Thieme, Stuttgart 1967 a.
S. 868 - 877
- Hellner, H.: Verletzungen der unteren Extremität. In: H. Hellner, R. Nissen u.
K. Vossschulte: Lehrbuch der Chirurgie. Thieme, Stuttgart 1967 b.
S. 912 - 940
- Hiebler, W. u. H. Tscherne:
Die Behandlung infizierter Marknagelungen und Pseudarthrosen der
Tibia. In: G. Hierholzer u. J.
Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart,
New York 1970. S. 151 - 154
- Hierholzer, G.: Diskussion I. Thema: Morphologische
und klinische Abgrenzung der post-
traumatischen Osteomyelitis gegen-
über anderen Formen der Knochen-
infektionen. In: G. Hierholzer u.
J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart,
New York 1970 a. S. 65 - 69

- Hierholzer, G.: Pathogenese und Grundlagen der
Behandlung bakterieller Infektionen nach Osteosynthesen.
H Unfallheilk 102 (1970 b) 34 - 41
- Hierholzer, G., G. Linzenmeier u. H. Knothe:
Voraussetzungen für die antibiotische Therapie der posttraumatischen Osteomyelitis. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 243
- 248
- Hierholzer, G. u. J. Rehn (Herausgeber) unter
Mitarbeit von G. Linzenmeier u.
H. Mittelmeier: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970
- Hipp, E.: Die septische Hüftkopfnekrose. In:
G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 39 - 44
- Iselin, M., A. Afanassieff u. T. Egawa:
Elektrophoretische Untersuchungen über die Reaktion des Knochens auf osteosynthetisches Material.

Praktische Folgerungen.

Langenbecks Arch klin Chir

305 (1963) 41 - 48

Kallenberger, A., W. Roth u. M. Ledermann:

Experimentelle und bakteriologische Untersuchungen zur Wahl des Spülmittels für die antibakterielle Spül Drainage. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970.

S. 265 - 274

Klemm, K.:

Erfahrungen mit der geschlossenen und offenen Spül Drainage bei der Behandlung der chronischen Osteomyelitis. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 137 - 140

Knoch, H. G.:

Gewebsreaktionen nach Osteosynthese. Zbl Chir 91 (1966) 1269 - 1276

Koch, H.:

Keimwandel der Osteomyelitis durch Spül Drainage. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 233 - 237

- Kramer, G.: Geschlossene oder offene Sanierung der Osteomyelitis. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970.
S. 133 - 136
- Kuner, E. u. S. Weller:
Zur Frage der Metallentfernung nach Osteosynthesen.
Dtsch Med Wschr 93 (1968) 108 - 112
- Kuner, E. u. S. Weller:
Zur Nachbehandlung der Osteosynthese.
Dtsch Med Wschr 94 (1969) 202 - 205
- Küntscher, G.: Praxis der Marknagelung.
Schattauer, Stuttgart 1962
- Küntscher, G.: Primäre Knochenheilung.
Langenbecks Arch klin Chir
308 (1964) 452 - 458
- Küntscher, G.: Weitere Fortschritte auf dem Gebiet der Marknagelung.
Langenbecks Arch klin Chir
316 (1966) 224 - 231
- Küntscher, G.: Das Kallus-Problem.
Enke, Stuttgart 1970

Küntscher, G. u. R. Maatz:

Technik der Marknagelung.

Thieme, Leipzig 1945

Kurz, W. u. W. Just:

Der Wandel der Knochenbruchbehandlung in den letzten 20 Jahren.

Dtsch Gesundh 22 (1967)

1569 - 1576

Kuss, B. u. K. Felder:

Spätergebnisse der Behandlung von Schienbeinkopfbrüchen.

Mschr Unfallheilk 68 (1965)

348 - 361

Leitz, G.:

Prognose und therapeutische Konsequenzen bei medialen Schenkelhalsfrakturen.

Arch Orthop Unfallchir

59 (1966) 328 - 357

Leitz, G.:

Typische Komplikationen nach Osteosynthesen und ihre mechanischen Ursachen.

Arch Orthop Unfallchir

64 (1968) 285 - 297

Linzenmeier, G.: Bakteriologische Probleme der
posttraumatischen Osteomyelitis.

In: G. Hierholzer u. J. Rehn:

Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970 a. S. 215 - 221

Linzenmeier, G.: Diskussion III. Thema: Bakteriologie und Chemotherapie der posttraumatischen Osteomyelitis. In:

G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis, Schattauer, Stuttgart, New York 1970 b. S. 291 - 296

Lüdeke, H. u. L. Schweiberer:

Entzündliche Erkrankungen des Knochens und der Gelenke.

Chirurg 41 (1970) 204 - 209

Mittelmeier, H.: Zur Entstehung und Bedeutung der exogenen Osteomyelitis. Aufgrund statistischer Auswertung von 404

Osteomyelitis-Fällen. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 11 - 19

- Modde, H.: Die Osteomyelitis aus klinisch-mikrobiologischer Sicht.
Z Kinderchir 8 (1970) 1 - 12
(Suppl)
- Müller, M. E., M. Allgöwer u. H. Willenegger:
Die Gemeinschaftserhebung der
Arbeitsgemeinschaft für Osteo-
synthesefragen.
Langenbecks Arch klin Chir
304 (1963 a) 808 - 817
- Müller, M. E., M. Allgöwer u. H. Willenegger:
Technik der operativen Fraktur-
behandlung.
Springer, Berlin, Göttingen, Hei-
delberg 1963 b
- Müller, M. E., M. Allgöwer u. H. Willenegger:
Manual der Osteosynthese. AO-
Technik.
Springer, Berlin, Heidelberg,
New York 1969
- Pannike, A., J. Meyer u. F. L. Rueff:
Frakturwinkel und Heilverlauf bei
der Schenkelhalsfraktur.
H Unfallheilk 97 (1968) 110 - 112

- Pfarschner, W.: Wirksamkeit antibiotischer Medikation bei postoperativer Knocheninfektion. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 285 - 289
- Plaue, R.: Über die Beziehungen zwischen Ursachen und Morphologie der exogenen Osteomyelitis. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York. 1970. S. 25 - 30
- Popkirov, St.: Chirurgisches Vorgehen bei der Behandlung der eitrigen Fraktur-ostitis bei den mit Küntscher-Nagelung versorgten Brüchen. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 99 - 104
- Poupa, J.: Zur Frage der primären Osteosynthese offener Unterschenkelbrüche.
Zbl Chir (1969) 502 - 505

- Puls, P.: Morphologische Befunde beim Einbau von Schrauben in den Knochen nach operativer Frakturbehandlung. Langenbecks Arch klin Chir 320 (1968) 34 - 49
- Rehm, J.: Zur operativen Behandlung der Knochenbrüche nach den Richtlinien der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese. H Unfallheilk 81 (1965) 100 - 102
- Rehm, J.: Markphlegmonen nach Marknagelungen. Therapie und klinischer Verlauf. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 93 - 98
- Rehn, J.: Gedanken zum postoperativen Verlauf nach Osteosynthesen. Langenbecks Arch klin Chir 327 (1970) 824 - 826
- Rehn, J. u. G. Hierholzer: Zeitpunkt der Entfernung von Osteosynthesematerial. Chirurg 42 (1971) 257 - 260

Rush, L. v. u. H. Gelbke:

Atlas der intramedullären Fraktur-
fixation nach Rush. Ein Behand-
lungssystem.

Barth, München 1957. Deutsche
Übersetzung von H. Gelbke

Schauwecker, F. u. S. Weller:

Ursachen der knöchernen Infektion
nach Osteosynthesen. In: G. Hier-
holzer u. J. Rehn: Die posttrau-
matische Osteomyelitis. Schattau-
er, Stuttgart, New York 1970.

S. 31 - 34

Schenk, R. u. H. Willenegger:

Zur Histologie der primären Kno-
chenheilung.

Langenbecks Arch klin Chir
308 (1964) 440 - 452

Schlachetzki, J.:

Entfernung des Osteosynthesema-
terials bei Infektion einer Frak-
tur. In: G. Hierholzer u. J. Rehn:
Die posttraumatische Osteomyelitis.
Schattauer, Stuttgart, New York
1970. S. 87 - 91

Schnabelmaier, H. u. J. Blüml:

Korrosion und Metallose bei
der Bündelnagelung.

Langenbecks Arch klin Chir
310 (1965) 13 - 21

Schramm, W.: Über die Nachbehandlung operierter
Knochenbrüche.

M Schr Unfallheilk 68 (1965)
406 - 412

Schramm, W.: Fehlergebnisse der Knochenbruch-
behandlung bei falscher Indikation
und Technik der Osteosynthese.

Langenbecks Arch klin Chir
327 (1970) 827 - 828

Schuster, J.: Dauerschwingbrüche bei Allenthesen.
Langenbecks Arch klin Chir

327 (1970) 832 - 834

Schweiberer, L.: Behandlungsmaßnahmen bei der aku-
ten posttraumatischen Knochenin-
fektion. In: G. Hierholzer u. J.
Rehn: Die posttraumatische Osteo-
myelitis. Schattauer, Stuttgart,
New York 1970. S. 73 - 78

Segmüller, G. u. M. Allgöwer:

Realität und Relativität der
primären Knochenheilung.

Chirurg 36 (1965) 504 - 508

Segmüller, G., E. Corrodi u. G. Kessler:

Ergebnisse der Tibiaosteosynthese:
Untersuchungen an drei geschlossenen Serien von insgesamt
462 Fällen.

Z Unfallmed Berufsk

57 (1964) 252 - 258

Seyfarth, H.: Beitrag zur Frage sekundärer
Metallschäden bei Osteosynthesen.

Beitr Orthop Trauma

16 (1969) 522 - 525

Simonis, G. u. P. Brühl:

Erregermosaik und aktuelle Resistenzsituation bei Verlaufsbeobachtungen der posttraumatischen Osteomyelitis. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 223 - 227

Straumann, F., S. Steinemann, O. Pohler, H. Wil-
lenegger u. R. Schenk:

Neuere experimentelle und klinische
Ergebnisse über die Metallose.

Langenbecks Arch klin Chir

305 (1963) 21 - 28

- Tscherne, H.: Operative Frakturenbehandlung.
Langenbecks Arch klin Chir
324 (1969) 348 - 382
- Wagner, H.: Die Einbettung von Metallschrauben im Knochen und die Heilungsvorgänge des Knochengewebes unter dem Einfluß der stabilen Osteosynthese.
Langenbecks Arch klin Chir
305 (1963) 28 - 41
- Weber, B. G.: Die Überwachung und Behandlung nach operativer Versorgung von Frakturen.
Münch Med Wschr 108 (1966)
520 - 524
- Weber, H. G., H. J. Kaessmann u. G. Hopf:
Morphologische Beobachtungen zur Frage der Druckplatten-Stabilisierung.
Langenbecks Arch klin Chir
327 (1970) 836 - 840
- Weller, S.: Behandlungsprinzipien von Pseudarthrosen.
Chirurg 38 (1967) 445 - 448

Weller, S. u. F. Schauwecker:

Über die intraarterielle Anti-
biotikatherapie bei der posttrau-
matischen Osteomyelitis. In:
G. Hierholzer u. J. Rehn: Die
posttraumatische Osteomyelitis.
Schattauer, Stuttgart, New York
1970. S. 275 - 277

Wickstrom, J. u. M. S. Corban:

Intramedullary fixation for frac-
tures of the femoral shaft. A
study of complications in 298
operations.
J Trauma 7 (1967) 551 - 583

Wieser, C.: Die primäre Knochenbruchheilung
und ihre Störung im Röntgenbild.
Langenbecks Arch klin Chir
308 (1964) 434 - 440

Wieser, C. u. M. Allgöwer:

Die Beurteilung der Knochenhei-
lung nach stabiler Osteosynthese
im Röntgenbild.
Radiol clin 31 (1962) 297 - 303

- Willenegger, H.: Behandlung von Infektionen des
oberen Sprunggelenkes nach offe-
nen Brüchen und nach operativer
Behandlung geschlossener Brüche.
H Unfallheilk 92 (1967) 71 - 74
- Willenegger, H.: Klinik und Therapie der pyogenen
Knocheninfektion.
Chirurg 41 (1970) 215 - 221
- Willenegger, H. u. M. Ledermann:
Die operative Therapie der Infek-
tion nach Osteosynthese.
H Unfallheilk 102 (1970) 41 - 56
- Willenegger, H., M. Ledermann, H. B. Wahl u.
U. Plaass:
Über das Wesen der Spül drainage.
In: G. Hierholzer u. J. Rehn:
Die posttraumatische Osteomyeli-
tis. Schattauer, Stuttgart, New
York 1970. S. 79 - 85
- Willenegger, H., S. M. Perren u. R. Schenk:
Primäre und sekundäre Knochen-
bruchheilung.
Chirurg 42 (1971) 241 - 252

Witt, A. N. u. D. Krause:

Ein Beitrag zu Fehlern und Gefahren bei der operativen Behandlung von Schenkelhalsfrakturen.

Chirurg 37 (1966) 23 - 25

Wysocki, S., K. H. Jungbluth u. J. Gruss:

Antibiotika-Prophylaxe bei offenen Frakturen. In: G. Hierholzer u. J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer, Stuttgart, New York 1970. S. 261 - 264

Zedlitz, C. v.: Verkürzung der Behandlungsdauer und Arbeitsunfähigkeit bei Sudeckscher Dystrophie durch Geschlechtshormone (Testicomb).

Münch Med Wschr 108 (1966)

209 - 212

Herrn Professor Dr. R. Zenker und Herrn Professor Dr. G. Heberer danke ich dafür, daß ich an ihrer Klinik arbeiten und Einblick in das Krankenblattarchiv und die Bibliothek nehmen durfte, Herrn Professor Dr. F. L. Rueff für die freundliche Überlassung des Themas und stete Unterstützung.

Besonders herzlichen Dank schulde ich Herrn Privatdozent Dr. K. Wilhelm für die unermüdliche Betreuung, für die vielen Anregungen und Ratschläge bei der Durchführung, Abfassung und Korrektur der Arbeit.

LEBENS LAUF

Am 6. 2. 1946 wurde ich in Schwarzenfeld als erstes Kind meiner Eltern Hans und Centa Härtel, geb. Wild, geboren. Meine Mutter ist Friseurmeisterin, mein Vater Elektroingenieur.

1952 bis 1957 besuchte ich die Volksschule in Schwarzenfeld. Von 1957 bis 1966 war ich Schüler am mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasium in Schwandorf. Hier legte ich 1966 das Abitur ab.

Meinen Wehrdienst leistete ich von 1966 bis 1968 in der Bundeswehr ab. An der Sanitätsakademie in München wurde ich zum Reserveoffizier im Sanitätsdienst ausgebildet.

Mit dem Wintersemester 1968/69 begann ich an der Ludwig-Maximilians-Universität in München das Medizinstudium. Hier bestand ich nach dem Sommersemester 1969 das Vorphysikum, nach dem Wintersemester 1970/71 das Physikum und nach dem Wintersemester 1973/74 das medizinische Staatsexamen.

Meine Ausbildung zum Arzt setzte ich 1975 am Kreiskrankenhaus München-Pasing als Medizinalassistent fort.

